ЮРИЙ ФИАЛКОВ
КАК ТАМ У ВАС, НА БЕТА-ЛИРЕ?

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Книга о проблемах космохимии, о современном уровне знаний в этой науке и ее перспективах.

- Юрий Фиалков
  - ГЛАВА I
    -
    - Промах капитана Кроллициаса
    - 3>>87
    - Много ли на земле эрбия?
    - Чем больше, тем меньше
    - Делись на 4 без остатка…
    - Брать быка за рога…
    - «Лучший портной»
    - «Всю-то я Вселенную…»
    - Окончание
  - ГЛАВА II
    -
    - Инспектор Варнике возвращается к Баху
    - И в мае бывают морозы, или мы — не Лапласы!
    - «Есть вещь одна — о ней упоминание запрещено…»
    - Элементы из воздуха
    - Долгий век тория и бабочки-однодневки
    - Время — назад!
    - Острова стабильности в океане есть…
    - Окончание
  - ГЛАВА III
    -
    - «Хвостист» из шарового скопления 47 Тукана
    - Примерное постоянство
    - Никаких неожиданностей
    - «Я вырождаюсь!»
    - «На зеркало пенять…»
    - Армия водородов
    - Окончание
  - ГЛАВА IV
    -
    - Производственное совещание
    - «Березовый кругляк» Солнца
    - «Пусть всегда будет Солнце!»
    - Пьянящие просторы космоса

        - Эх, Сенька Зайцев, Сенька Зайцев!
        - В кавычках и без
        - Окончание
    - ГЛАВА V
        -
        - Печальная любовь Кея Хокка
        - К вопросу об аммиачных красавицах
        - Перевести таракана в пар…
        - Учебник химии планеты Огненная
        - Ушат воды
        - Окончание
        -
        -
- notes
    - 1
    - 2
    - 3
    - 4
    - 5
    - 6
    - 7
    - 8
    - 9
    - 10
    - 11
    - 12
    - 13
    - 14

Юрий Фиалков
Как там у вас, на Бета-Лире?

ГЛАВА I

Из которой читатель узнает, что железа на нашей планете много, а золота мало — обстоятельство хотя и общеизвестное, но тем не менее не очень понятное; уяснит причины этого неравноправия; получит ответ на ряд вопросов, касающихся распространенности химических элементов на земле и в космосе, а также пищу для размышлений.

Промах капитана Кроллициаса

— Капитан Кроллициас, вы обвиняетесь в том, что, приближаясь к Земле, пересекли кордон 3-22, не испросив на это разрешения таможенно-карантинного контроля. Вы обвиняетесь в том, что ваш космолет «Черная овечка» шел без опознавательных огней и без радиосигнализатора. Вам предъявляется обвинение также в том, что на предложение диспетчера перейти на лунную орбиту вы продолжали движение и были остановлены лишь патрульными кораблями. На эту акцию службе контроля пришлось затратить ракетного топлива на тридцать пять тысяч долларов. Вы не получите разрешения перейти на посадочную орбиту и будете вместе со своим экипажем болтаться здесь до тех пор, пока не объясните ваши действия и не погасите вашу задолженность таможенно-карантинному контролю.

— Сэр, клянусь, я не имел дурных намерений! Просто в самый ответственный момент в моем экипаже возникли… э-э… разногласия, и я вынужден был… э-э… наводить порядок. Мало того, что я обломал об этих болванов последний навигатор, — я ввел в непреднамеренный расход таможенный контроль. Тридцать пять тысяч долларов я внесу в штрафную службу не позже чем через три часа после приземления. И еще пожертвую столько же… нет, в два раза больше в фонд памяти космомиссионерам. Вот и все. Полагаю, вы удовлетворены моим разъяснением, сэр?

— Все? Вы по-ла-гаете, что это все? А по-моему, капитан Кроллициас, это даже не начало. Я не намерен покинуть вашу «Овечку» (бог мой, какие только уродливые названия не напридумывают эти недоучки из провинциальных космодромов!) до тех пор, пока контролю не станет ясным все. Ясным! Все! Начнем с драки. Не можете ли вы указать причину конфликта между членами возглавляемого вами экипажа?

— Сэр, я знаю об этом не больше вашего. Помню только, что я не мог докричаться никого из них и когда отправился на розыски, то обнаружил, что эти два оболтуса в кают-компании мордуют друг друга.

— Мистер Франциск Гиббер и мистер Михаэлис Троттер, благоволите сообщить контролю причину вашей ссоры, которая ведь привела к неслыханному нарушению правил движения в околоземном пространстве.

— Сэр, если бы Фрэнк-балда, то есть мистер… э-э-э… Гиббер, не нарушил первоначальный уговор, никакого мордобоя, то есть, виноват, ссоры, не было бы и в помине. Но посудите сами:

заломить за подушку полтора миллиарда долларов!!! А ведь позавчера я проиграл ему эту самую подушку всего за миллиард двести пятьдесят миллионов!

— Миллиард двести пятьдесят миллионов? За подушку?! Так… Еще этого не хватало! Капитан Кроллициас, прошу вас предъявить справки психиатра о предполетном осмотре экипажа, а также интеллектуальные индексы господ Гиббера и Троттера.

— Сэр, они здоровы, как бетонные телеграфные столбы. А что до этих ин… ин… ин… туальных индексов, то у них этих индексов отродясь не существовало.

— Тогда, может быть, вы разъясните мне, что это за подушка ценой в полтора миллиарда долларов, о которой толкуют ваши матросы.

— Скажу, сэр, что Майк-дубина… то есть, простите, мистер Троттер… так вот, этот мистер Троттер действительно дубина! Имея на руках девятку и двух королей, он вздумал еще прикупать! Посудите сами, сэр, разве можно жадничать, имея на руках девятку и…

— Капитан Кроллициас, я требую от вас точных и кратких ответов на вопросы, которые ставит перед вами ТКК. Я спрашиваю вас о подушке ценой в полтора миллиарда долларов.

— Осмелюсь перебить вас, сэр: не полтора миллиарда, а лишь миллиард двести пятьдесят миллионов…

— Мистер Гиббер, я обращался с вопросом к капитану. И потом, вы считаете, что миллиард двести пятьдесят миллионов это «всего»? Итак, я еще раз спрашиваю вас, капитан: из чего сделана эта подушка?

— Из пуха, сэр, конечно, из пуха. Так вот, я и говорю: имея на руках девятку…

— Мистер Кроллициас, ТКК не интересуется раскладкой карт в азартных играх. Но зато нас интересует, почему ваш экипаж оценивает обычную пуховую подушку в такую непомерную сумму.

— Сэр, не понимаю, почему вы прицепились к этой проклятой подушке. Подушка как подушка. Позволю себе сообщить, что можно, конечно, сорвать банк, имея на руках девятку и два…

— Капитан, если вы не перестанете морочить мне голову побасенками, я велю конвою вышвырнуть вашу «Овечку» за орбиту Марса, а вы знаете, что я могу это сделать! Извольте рассказывать все по порядку.

— Слушаюсь, сэр! Мы подрядились доставить на Марс сто сорок бочек с гидразином и две цистерны с жидким кислородом. Сэр, вы отлично знаете этих закабалыциков из транспортных компаний — за пять месяцев болтанки мы должны были получить сущую безделицу: по три тысячи на нос, то есть на мой нос

должно было прийтись немногим больше, но ведь все равно мало. Скажу, как на исповеди, сэр. Не полетел бы я туда, хотя и околачивался почти год без дела. Но как раз тогда Боб-кишкодер рассказал мне, что среди астероидов попадаются сделанные иочти из золота, из чистого золота. Он-то и дал мне координаты одного из таких астероидов. Вы мне не верите, сэр? Можете спросить об этом у Боба. Когда мы улетали, он сидел в луизвильской тюрьме и вряд ли уже вышел оттуда.

— Капитан Кроллициас, в круг обязанностей ТКК не входит допрос рецидивистов. Я еще раз прошу вас не отклоняться от существа разбираемого вопроса.

— Так вот, когда мы в порту Марс-УП сбросили эти сто сорок бочек и две цистерны…

— Сэр, я хочу сделать официальное заявление!

— Для этого есть необходимость перебивать допрос капитана Кроллициаса, мистер Троттер?

— Необходимость? Еще какая! Я ему хочу припомнить все — и ту штуковину, которой он охаживал нас с Фрэнком, и кормежку, и виски, которое можно пить только по приговору, и…

— Ну хорошо, Троттер, приступайте скорее к вашему заявлению! Господи, никогда не встречал такого трепливого экипажа!..

— Итак, сэр, пусть восторжествует справедливость! Я, Михаэлис Троттер, официально заявляю, что кэп скинул на Марс лишь сто тридцать бочек, а из кислородной цистерны закачал в баки «Овечки» сколько его душе захотелось, а душа его ненасытная!

— Сэр, не слушайте этого дебила, он мстит мне!

— При чем здесь месть? Спросите его, сэр, как он без этих бочек добрался бы до астероида. Нет, я тебе покажу, как ломать об меня нави… навигатор. Я тебе покажу!

— Продолжайте ваш рассказ, капитан, но будьте уверены, что вы дадите ТКК отчет о каждом килограмме вашего груза.

— Сэр, мне нет нужды ничего скрывать! За каждую из заимствованных мною бочек я могу заплатить по миллиону… нет, по десять миллионов, и после этого у меня еще останется на черный день, хо-хо! Так вот, мы очень быстро нашли этот астероид. Название у него скучное: МТ-25-40, но сам-то он оказался веселым. Еще бы! Глыба километров пять в диаметре и вся из золота! Нет, Боб меня не обманул! Когда он выйдет из тюрьмы…

— О господи, неужели таможенно-карантинный контроль интересует, как вы думаете благодарить вашего приятеля после отбытия последним наказания, не сомневаюсь, справедливого!

— Вы совершенно правы, сэр, абсолютно справедливого! Но разве об этом речь? Ведь мы наковыряли на этом МТ-25-40 тонн пять, а может быть, и все восемь отличнейшего, первосортного золота. Посмотрите сами! Конечно, нам пришлось повыкидывать с борта все лишнее — и посуду, и одежду, и постели, и даже… эй, Фрэнк, чего ты на меня вытаращился… да, и даже виски. Осталась лишь одна подушка, да и та потому, что ее вовремя не заметили. Вот и пришлось спать, положив голову на слитки из золота. Вы думаете, сэр, это приятно? Первые три дня, а потом, несмотря на то что тяжесть на этой колымаге всего три четверти земной, радости от спанья на золоте мало. Вот они и принялись отыгрывать подушку друг у друга. Хотя какая это игра — прикупать, имея на руках девятку и…

— Капитан Кроллициас, если вы еще раз заведете речь о карточной игре, я увеличу сумму вашего штрафа еще на десять тысяч долларов. Тем более, что, имея семнадцать очков, можно прикупать, даже следует прикупать — только так и поступают настоящие игроки, а не слюнтяи, которые… Впрочем, я отвлекся. Предъявите контролю образцы транспортируемого вами золота. Надеюсь, вы знаете, что за транспортируемые благородные металлы — пошлина двадцать две тысячи за тонну.

— Двадцать две тысячи? Хотя бы и двести! Теперь у меня одна забота: как бы сосчитать свою валюту. Хотя зачем мне это делать, заведу-ка я себе собственного банкира. А золото — вот оно!

— Интересно, интересно… Нет, это положительно интересно! Ну что ж, другого быть и не могло. Капитан Кроллициас, сколько груза вы с собой везете? Пять тонн ориентировочно? Что ж, остановимся на этой величине. Пять тонн, пять тонн… Капитан Кроллициас, за ваш груз вам следует заплатить таможенно-карантинному контролю семнадцать долларов и двадцать пять центов. Это, конечно, в дополнение к тридцати пяти тысячам долларов, которые вы задолжали ТКК за потраченное на вас горючее. Кстати, во избежание дальнейших недоразумений хочу предупредить сразу, что ваша «Овечка» вряд ли стоит больше десяти тысяч. Поэтому мне в высшей степени любопытно, где вы возьмете недостающие двадцать пять тысяч.

— Сэр, я имел честь сказать вам — деньги отныне меня не интересуют! Через три часа после приземления я откуплю подряд все ваши службы и контроли, и считайте, что я при этом ничего еще не потрачу!

— Через двадцать минут после приземления вы будете иметь случай лично выразить свою признательность вашему приятелю, Бобу-кишкодеру, так, кажется, вы его назвали, потому что…

[Продолжение на стр. 38]

3 > > 87

Знак «> >», как вы помните, означает «много больше». Нет, здесь ничего не перепутано, и «птички» направлены острием в нужную сторону. И 3 действительно много больше, чем 87…

…Прошлым летом в Приэльбрусье я услышал песню, которая имеет непосредственное отношение к теме этой главы. Группа туристов, оглашая криками окрестности, поднималась канаткой на Чегет. На верхней станции, пересчитав друг друга, туристы ухватились за гитары и над вечными снегами, многократно усиленное горным эхом, грянуло:

Мы в претензии на бога —
Сделал он железа много,
Но в сотворенья мира суете
Забыл господь о золоте.
И из-за этого склероза…

(Далее шли явно не относящиеся к делу строки, выражающие сожаление по поводу господней рассеянности и мечты о том, как, дескать, было бы на земле хорошо, если бы творец поступил наоборот.) По-видимому, следует начать с поверки поэзии алгеброй. То, что железа «много», а золота «мало», это, в общем, известно и без туристско-поэтического обобщения. А для серьезного разговора о распространенности химических элементов эти лирические определения, конечно, недостаточны. Следует обратиться к таблице распространенности химических элементов в земной коре. Но тут снова придется сделать отступление и пояснить несколько необычный термин «земная кора».

Можно сразу начать с обычно приводимого сравнения с апельсином, где апельсиновая кожура призвана моделировать земную кору. Кем-то верно замечено: каждое сравнение хромает. Очень точно сказано. Прежде всего наше сравнение неверно передает масштаб. Апельсиновая кожура по радиусу составляет не менее 10 % всего плода. Земной же корой считают толщу пород в 30 с небольшим километров, а это едва пятитысячная часть земного радиуса. Не «проходит» сравнение и по массе. Земная кора — это всего 0,8 % массы земного шара, меньше одного процента.

Если бы апельсиновая кожура составляла такую долю всего плода, можно было бы, сняв ее, разбирать сквозь нее буковки на

подписях к почтовым маркам. Впрочем, это не мешает земной коре весить 50 миллиардов тонн — масса чудовищная и, вне всякого сомнения, человеческому воображению, даже самому пылкому, недоступная.

Итак, земная кора — тоненькая пленка на поверхности нашей планеты. Но на этой пленке живем и мы, и все живое на Земле. В этой пленке для нас все: и питье, и еда, и энергия, и полезные ископаемые. В ней все «жилые помещения» того громадного космического корабля, который называется «планета Земля».

У представителей каждой из многочисленных наук о Земле к земной коре свой интерес: кто изучает ее рельеф, кто — твердость, кто — колебания. В данном случае нам созвучны заботы геохимиков — они интересуются химическим составом земной коры, и прежде всего тем, из каких элементов она состоит. Результаты многолетних кропотливых исследований геохимики свели в таблицу, отражающую распространенность различных элементов в земной коре (часто величины распространенности называют кларками — по имени ученого Кларка, который одним из первых начал прикидывать, из чего состоит наружная оболочка планеты).

Утверждаю: рассмотрение этой таблицы может доставить минуты высокого наслаждения — и поучительностью, и многими неожиданностями, и… потом, это просто интересно.

В наш спортивный век прибегнем к спортивной же терминологии: отыщем элемент-чемпион, которого в земной коре содержится больше всего.

Золотым призером будет, конечно, не золото.

Золотым призером будет кислород. Многим памятен рисунок из школьного учебника химии, иллюстрирующий относительную распространенность элементов в земной коре: круг-каравай, разрезанный на сегменты-ломти.

Самый увесистый ломоть, почти половина каравая (точнее 49,13 %), приходится на долю кислорода. Да, этого элемента в земной коре столько, сколько всех остальных элементов, вместе взятых.

Не часто в спорте можно столкнуться с таким решительным преимуществом чемпиона. Действительно, серебряный призер — разумеется, не серебро, а кремний — показывает результат хотя и весьма почтенный, но почти вдвое худший, чем кислород. На долю кремния в земной коре природа отвела всего 26 %. И она в полной мере использует такую высокую распространенность кремния — мало какие из минералов или редких горных пород не содержат в своем составе кремния.

Приведенное двумя фразами выше утверждение, в котором

величине содержания кремния в земной коре предшествовало слово «всего», отдает сильным привкусом снобизма, потому что бронзовый призер — алюминий — составляет только 7,45 % земной коры. И тут не стоило бы применять уничижительное «только», потому что, как мы увидим далее, подавляющее большинство элементов в смысле распространенности живут куда скромнее.

Итак, пьедестал почета занят полностью. Три призера, три победителя, на долю которых приходится 49,13 + 26,0 + 7,45 = … 4/5 массы земной коры (точнее, 82,58 %).

90 элементов входит в состав земной коры: все элементы — от водорода (№ 1 в периодической системе Д. И. Менделеева) до урана (№ 92). В этом строю химических элементов, открытых на Земле, зияют две бреши: элемент № 43 — технеций и № 61 — проветий. В клетках, отведенных этим номерам, воцарились искусственные элементы, потому что в земной коре их нет, точнее — *уже* нет. Смысл выделенного наречия станет понятным, надеюсь, в следующей главе.

Итак, в конкурсе элементов — всего 90 участников. Л поскольку на долю троих из них приходится 4/5 массы земной коры, то и выходит, что $3 >> 87$.

Тут следовало бы патетически возмутиться несправедливостью природы, которая…

Но, во-первых, природа всегда справедлива и ничего никогда не делает зря, а во-вторых, раз мы уже прибегли к спортивной терминологии, то давайте проведем зачет по олимпийской системе — выявим шестерку сильнейших.

Покопавшись в табличных данных, мы обнаружим сразу шесть претендентов на оставшиеся три «зачетных» места. Впрочем, четвертое место уверенно занимает железо, которого в земной коре 4,2 %. На пятое место выходит кальций (3,25 %). Но вот на шестой ступеньке теснятся сразу три элемента, распространенность которых почти одинакова: натрий (2,40 %) и кальций с магнием (по 2,35 %).

Восемь олимпийцев в сумме составляют 97,13 массы земной коры. Мы, можно сказать, только приступили к построению химических элементов «по росту», а места для маневра, считайте, уже не осталось. Да и о каком месте можно говорить, когда остальные 82 элемента принуждены, бедняги, втиснуться меньше чем в три процента массы земной коры.

Да, рассмотрение таблицы распространенности элементов в земной коре невольно заставляет смирить нашу гордыню: два важнейших элемента жизни — углерод и азот — не только не входят в число элементов-гигантов, но и не стоят даже близко к

пьедесталу почета. Углерод занимает 11-е место, а азот, и вовсе сказать, 17-е.

Стоит ли теперь удивляться тому, что если большинство известных нам элементов и может чем-нибудь похвалиться, так это разве только количеством нулей в числах, выражающих содержание этих элементов в земной коре. Причем нули эти всегда стоят после запятой и их там много. Например, кадмия в земной коре пять десятитысячных долей процента: 0,0005 %. Впрочем, он далеко не чемпион по количеству нулей. А вот у радия их столько, что они, выстроенные в ряд, сужаются в далекой перспективе: 0,0000000002 %. Пользоваться этим числом, как видим, не очень удобно. Но если для подсчета нулей здесь еще хватит пальцев на руках, то в случае элемента франция подобный способ подсчета пришелся бы по душе разве только сороконожке: в числе, выражающем содержание в земной коре этого элемента, больше двух десятков нулей.

Геохимики, конечно, не прибегают к пальцам — ведь для записи таких чисел существует превосходный алгебраический способ, одинаково пригодный как для очень больших, так и малых величин. Содержание кадмия записывается совсем недлинно: $5 \cdot 10^{-4}$ %, распространенность радия выражается не менее лаконично: $2 \cdot 10^{-10}$. Столь же компактно записывается распространенность франция: 10^{-21}.

Так дальше и будем писать.

Выражение состава земной коры через весовые (правильнее говорить — массовые) проценты — способ наиболее естественный, но, строго говоря, не очень строгий. Оправдывает этот невольный каламбур вопрос, по форме очень смахивающий на знаменитую задачу о железе и пухе:

«Где атомов больше: в килограмме водорода или в килограмме железа?»

В отличие от классической задачи, которой в детстве имеют обыкновение дурачить младших сестренок, здесь вопрос имеет совершенно точный физический смысл. Поэтому совершенно определенным и точным будет ответ: в килограмме водорода атомов в 56 раз больше, чем в килограмме железа, потому что именно во столько раз атомная масса водорода меньше атомной массы железа.

Вот почему так ли уж справедливо, характеризуя состав земной коры, сопоставлять *массы* образующих кору элементов? Ведь это сопоставление еще ничего не говорит об относительной распространенности *атомов* элементов. Поэтому часто состав земной коры выражают через атомные проценты: число всех атомов, входящих в состав земной коры, при этом считается

равным ста процентам.

Кислород и в такой «атомной» таблице здесь не уступает своего лидирующего положения. Более того, его преимущество выглядит еще внушительнее: свыше половины атомов земной коры — это атомы кислорода, то есть на каждый из остальных 89 химических элементов приходится по атому кислорода и остается еще немножко…

Почти сказочное изменение судьбы, так сказать, феерический взлет при этом «атомном» способе выражения состава испытывает водород. Его довольно скромный (на фоне элементов-олимпийцев, конечно) один массовый процент превращается в 17,25 атомного процента — число, которое позволяет водороду уверенно выйти на второе место. Кремний же с его 16,11 атомного процента потеснен на третье место. Ну, а остальные олимпийцы и в этом случае не оставляют пьедестала почета; компания элементов-гигантов остается, можно сказать, в прежнем составе.

Чтобы покончить со способами выражения состава земной коры, остается рассказать еще об одном, с помощью которого если и не избавляются полностью от удручающего количества нулей в величинах распространенности, то, во всяком случае, значительно уменьшают его. Способ этот носит все признаки разумного психологического подхода к проблеме и невольно подводит к аналогии с образцами реклам, которыми, пишут, заполнены улицы больших итальянских городов: «Этот прекрасный мотороллер станет Вашим за сумму, всего впятеро превышающую стоимость перчаток, которые покупает у нас прекрасная Джина». Что и говорить, реклама неплоха. Тут и ссылка на то, что услугами торговой фирмы пользуется самая популярная звезда итальянского киноэкрана — несравненная Джина Лоллобриджида. Но главное, в рекламе нет больших чисел: напиши, что мотороллер стоит 80 тысяч лир — и эта цена отпугнет самого безрассудного транжира. Но вот одинокое числительное «пять» да еще в сравнении с какими-то перчатками — это совсем не страшно.

Если читатель не забыл пример с итальянской рекламой, то вернемся к очередному способу выражения состава земной коры, который может называться относительным. За единицу сравнения здесь берут миллион (10^6) атомов кремния и выражают распространенность остальных элементов по отношению к этой величине. В таких единицах распространенность кадмия выражается уже значительно менее громоздким числом: 0,11, означающим, что в земной коре на миллион атомов кремния приходится 0,11 атома кадмия. Распространенность брома

выражается не «многонулевым» числом 0,00004, а гораздо более благовидным 2,16.

Какими бы интересными ни представились сведения о распространенности химических элементов в земной коре, утолить любознательность читателя они никак не могут. Если считать рассказ о распространенности элементов в природе драмой, то, собственно говоря, не началось как следует даже и первое действие. Пока лишь названы действующие лица — химические элементы, обозначено место действия — земная кора и только-только обозначился конфликт — неравномерность содержания элементов. До ответов же на волнующие «зрителя» вопросы «почему» еще далеко — они в четвертом действии. А ведь этих «почему» ох как много! Почему кислорода в земной коре много, а франция мало? Почему большинство известных нам химических элементов — лишь незначительная примесь к нескольким элементам-гигантам? Почему в число элементов-гигантов входят именно те химические элементы, а не другие? Почему… Но не хватит ли вопросов? Ведь на каждый из них придется отвечать. Вот и примемся за эту работу, начав, правда, с совсем другого вопроса.

Эрбия? Да, есть такой химический элемент, затерявшийся в трудно запоминаемом перечне так называемых редкоземельных элементов (элементы, занимающие в периодической системе Менделеева места с 57-го по 71-е). Можете не корить себя за химическую безграмотность: даже в фундаментальном трехтомном курсе неорганической химии эрбию отводится несколько строк, набранных к тому же петитом. Возникает искушение приписать непопулярность эрбия его малой распространенности в земной коре, что кстати, подтверждает и название семейства, к которому относится эрбий: «редкоземельные». Отыскав эрбий в таблице распространенности, мы как будто бы находим подтверждение нашему предположению: эрбия в земной коре $7 \cdot 10^{-5}$ атомных процента, семь стотысячных. Очень мало. Но поскольку мы еще не успели отодвинуть таблицу распространенности, то с удивлением убеждаемся, что многих из очень хорошо известных элементов в земной коре куда меньше, чем эрбия.

Много ли на земле эрбия?

За примерами ходить недалеко. Ртуть, надеюсь, никак нельзя отнести к малознакомым или очень уж редким элементам? Однако ее в земной коре в 100 (сто!) раз меньше, чем экзотического эрбия. Но может быть, эрбий по каким-то причинам обойденный элемент? Может быть, химики почему-либо гнушаются эрбием и именно этим объясняется непопулярность этого металла?

Посмотрим… Кто из вас держал в руках элемент иттрий? Никто? А слыхал кто об этом металле? Да, немногие… А ведь иттрия в земной коре целых 0,001 %! Не торопитесь говорить, что немного. Потому что «обычного» и очень хорошо известного брома в земной коре вдесятеро меньше, сурьмы же меньше в 100 раз, а висмута (того самого, чьи окислы составляют основу пудры) меньше, чем иттрия, в 1000 раз.

И уж совсем выразительный пример — элемент гафний. О нем химики узнали, можно сказать, совсем недавно, потому что он был открыт в 1923 году. Естественно было бы предполагать, что гафний отыскали позже остальных химических элементов потому, что его в земной коре мало. Конечно, с одной стороны, $4 \cdot 10^{-5}$ число и впрямь небольшое, но ведь и йод не назовешь редким элементом! Йод помянут здесь не случайно. Об этом элементе уместно вспомнить, потому что его в земной коре втрое меньше, чем гафния. А известен йод химикам без малого 200 лет. Да и вряд ли стали бы в аптеках продавать за копейки йодную настойку, если бы йод был таким уж редким элементом. Но, может быть, гафний тоже стоит недорого? Как бы не так! Покупка десяти граммов гафния подрывает месячный бюджет даже солидной лаборатории.

Вот и выходит, что… ничего не понятно. А вместо ответа на вопросы выплыла очередная проблема: какой элемент следует считать редким?

Надо заметить, что распространенность элемента в земной коре и его доступность не всегда идут рука об руку. Тут можно вспомнить одесского коммерсанта смутного 1919 года, который невиданно дешево продавал вагон яблочного повидла и вагон секундных стрелок. Совершив сделку, он охотно пояснял довольным покупателям, что повидло и стрелки… как бы вам сказать… некоторым образом перемешаны друг с другом.

Германия в земной коре в 25 тысяч раз больше, чем золота. Но в то время как золото встречается в самородном состоянии и, следовательно, можно (при хорошем везении, конечно) набрести

на золотой слиток, германиевый самородок до сих пор еще никто не находил и, можно не сомневаться, не отыщет. Потому что германий, как и многие другие рассеянные элементы, находится в земной коре в «размазанном» состоянии. Так сказать, всюду и нигде. Поэтому химик, которому предстоит добывать элемент из земных недр, предпочтет журавля (золото) в руках синице (германий) в небе.

Термин «рассеянный» тут употреблен отнюдь не в том смысле, в каком им описывают ротозейство известного обитателя улицы Бассейной, а в его изначальном значении, основывающемся на слове «сеять» — раздроблять.

Далеко не каждому элементу дано образовывать свои минералы. Лишь те счастливчики, которым природа предоставила пристанище в виде минерала, да еще достаточно распространенного, относятся к элементам более или менее доступным, а следовательно, нередким. Тем же бедолагам химическим элементам, которые не образуют сколько-нибудь распространенных минералов, суждено мыкаться по земной коре, «нигде гнезда не свивая». Будучи более или менее равномерно распределены в породах, они хотя и обладают большой суммарной массой, но масса эта как бы «размазана» по всему веществу земной коры.

От того, встречается ли тот или иной элемент в земной коре в компактном или рассеянном состоянии, в значительной степени зависит доступность этого элемента.

Поэтому не следует судить о редкостности элемента на основании количества строк, отведенных ему в учебнике химии, или даже по, казалось бы, более объективному критерию — стоимости. Нет, беспристрастным свидетелем здесь может быть только таблица распространенности элементов.

В некоторых — но только некоторых — случаях можно установить довольно тесную зависимость распространенности элемента от его химических свойств. Пожалуй, наиболее выразительная иллюстрация этой зависимости — инертные газы.

Сейчас так много и так усердно пишут о сравнительно недавно открытых химических соединениях инертных газов с некоторыми элементами, например фтором, что может создаться впечатление: у этих газов только и забот, что соединиться с каким-либо элементом. В действительности атому фтора позаимствовать электрон (непременное условие образования химической связи) у ксенона не легче, чем Ходже Насреддину было отбирать сумку с долговыми расписками у ростовщика Джафара. В обычных условиях (а элементарный фтор в природе не встречается) инертные газы продолжают оставаться теми

химическими гордецами, какими их знает химия вот уже лет восемьдесят — со времени открытия.

Вот почему инертные газы встречаются в природе только в элементарном состоянии. Но в отличие от золота, которое тоже практически не образует минералов, инертные газы — это все-таки газы, и поэтому им уготовано место только и только в атмосфере.

А газы эти медленно, но неотвратимо уходят в мировое пространство. Это обстоятельство не должно внушать тревогу относительно грядущей нехватки кислорода. Скорее нужно опасаться не утечки воздуха, а тревожного загрязнения атмосферы двигателями всяких сгораний. Кислород пока еще исправно поставляет земная флора. Азот же непрерывно поставляется многочисленными земными вулканами. Но инертным газам подкрепления ждать неоткуда (об одном исключении из этого бесспорного утверждения будет рассказано в следующей главе). Поэтому не надо удивляться такой мизерной распространенности инертных газов. Скорее следует радоваться, что они еще сохранились на планете.

Впрочем, случай с инертными газами единичен. Общим считать его никак нельзя. Иначе следовало бы предположить, что элементы с близкими химическими свойствами должны характеризоваться и близкими величинами распространенности. А знаете ли вы, что по химическим свойствам радий достаточно сильно смахивает на кальций? Но самый разнесчастный перуанский индеец не во столько раз беднее мультимиллиардера, во сколько раз радия в земной коре меньше, чем кальция! Нет, в проблеме распространенности элементов на одних химических свойствах не сыграешь…

Чем больше, тем меньше

Хочу предложить читателям вместе со мной заняться поисками закономерностей, определяющих распространенность элементов в земной коре. Не может быть, чтобы мы в конце концов не выяснили, почему же на Земле кремния много, а золота мало. Случайно ли это или закономерно? Итак, ищем закон.

От чего отталкиваться, когда речь идет о химических элементах, известно: от периодической системы Менделеева. Вот и вывесим ее на стену так, чтобы она все время была перед глазами.

Начнем с первой группы менделеевской таблицы. Итак, щелочные металлы. Заглядывая в таблицу распространенности химических элементов, выпишем против названия каждого из щелочных металлов величины их содержания в земной коре (проценты, конечно, атомные).

Первого из щелочных металлов, лития, в земной коре маловато — 0,02 %. Да, по сравнению со следующими щелочными металлами, элементами-гигантами натрием (1,82 %) и калием (1,05 %), литий совсем бедный родственник. Впрочем, в семье щелочных металлов не один литий — голытьба: рубидия в земной коре еще меньше, чем лития (0,007 %), а цезия и вовсе самая малость ($9 \cdot 10^{5}$ %). Что же касается последнего из щелочных металлов, франция, то о его распространенности, которую и термином-то этим совестно назвать, уже говорилось. Закономерности как будто бы никакой нет. Сначала мало, затем много, а потом снова мало. Напоминает эрудицию школьника или студента до, во время и после экзамена. Позвольте, а если отбросить литий, то… То начинает проглядываться довольно определенная закономерность: содержание щелочного металла в земной коре убывает по мере повышения порядкового номера в периодической системе, или, что одно и то же, атомной массы.

Эту пока что еще довольно смутную догадку о связи распространенности элемента с его порядковым номером следует тут же проверить. Обратимся к соседней группе менделеевской системы. Металлы этой группы «сверху вниз» идут в таком порядке: магний, кальций, стронций, барий, радий. Выпишем в том же порядке колонку величин распространенности: 1,72 — 1,41 — 0,01 — 0,006 — $2 \cdot 10^{-12}$. Комментарии? Вот их-то как раз и не нужно! И так ясно: распространенность химического элемента падает по мере увеличения порядкового номера. Позвольте, но ведь это почти закон. Нет, почему «почти»? Это самый настоящий закон! И к тому же (отбросим ненужную скромность!) —

фундаментальный закон.

Похоже, что мы с вами молодцы: найти новый закон природы, да еще фундаментальный, — достижение, что ни говорите, не будничное.

Теперь остается одно — поверить эту пока что не очень четко просматривающуюся гармонию геометрией: составим график зависимости распространенности от порядкового номера элемента, и тогда можно отдыхать с приятным сознанием выполненного долга и ожиданием грядущих почестей.

Но отдыха не предвидится. Почестей тем более. То, что получается на графике, можно определить кратким, но зато предельно для данного случая выразительным словом — хаос.

О какой закономерности можно здесь говорить?! Точки скачут, как шарики в машине для игры в спортлото, и похоже, что закономерностей на графике не больше, чем в этой же почтенной игре.

Тут можно привести весь классический комплект горестных поговорок («Торговали — веселились…», «Не кричи «гоп», пока…»), можно пройтись по полной гамме приличествующих случаю печальных вздохов, а можно и просто сокрушенно махнуть рукой и согласиться с тем, что наука — удел немногих гениев, да и то озаренных свыше. Но не стоит всего этого делать. Право, не стоит. Мы и так впали в один из самых больших грехов, какие могут быть присущи научному работнику. Сначала, натолкнувшись на два пусть любопытных, но частных факта, мы решили, что открыли общий закон. И естественно, возликовали. А потом, обнаружив, что действительность не желает подчиняться этому походя придуманному нами закону, пришли в уныние и решили, что ни о каких закономерностях вообще говорить не приходится.

Скажу сразу: подобные эмоционально-психологические амплитуды в какой-то мере извинительны влюбленному, но совершенно противопоказаны научной работе.

Поэтому на какое-то время загоним эмоции в дальний угол души и с максимальной деловитостью рассмотрим диаграммы распространенности элементов в земной коре.

Да, воистину «вначале был хаос»! Соединяя в различных сочетаниях точки на диаграмме, можно, как на средневековых картах неба, получить любые фигуры. Но до обобщений, да еще научных, здесь далеко. Поэтому не будем прибегать к такому малопочтенному занятию, напоминающему предновогоднее гадание засидевшихся девиц, а отметим факты бесспорные.

Прежде всего мы замечаем, что из двух соседних, то есть различающихся порядковым номером 1, элементов один

обязательно содержится в земной коре в количестве, во много раз большем, чем другой. Отметив это, мы сразу обращаем внимание на то, что из двух элементов-соседей почти всегда более распространен элемент с четным порядковым номером.

Различие в распространенности четных и нечетных элементов особенно четко проявляется в начале периодической системы. Первые 14 четных элементов распространены в земной коре втрое больше, чем первые 14 нечетных. Да и то репутацию нечетных значительно поддерживает алюминий. Не будь содержание этого металла в земной коре так велико, дела нечетных были бы вовсе никудышными.

В проблеме четных и нечетных самое впечатляющее, пожалуй, — это распространенность так называемых редкоземельных элементов: пятнадцати близнецов с порядковыми номерами от 57-го до 71-го, которые тем не менее занимают и таблице Менделеева… одну клетку[1]. Эти редкоземельные элементы, почти неразличимые по всем химическим и очень многим физическим свойствам, практически всегда присутствующие в месторождениях и минералах вместе, «всей компанией», эти неразлучные элементы-близнецы, оказывается, не равны перед природой по величинам их распространенности в земной коре. Правило, которое здесь соблюдается так строго, что его впору возвести в ранг закона, гласит: любой из четных редкоземельных элементов встречается в земной коре в количествах, значительно превосходящих своих нечетных соседей. Исключений не наблюдается ни в одном — ни в одном! — случае. Этот пример достаточно ясно показывает, что не химические свойства, вернее, не только они определяют распространенность элементов.

Итак, четным элементам, и это мы установили бесспорно, живется куда вольготнее, чем их нечетным собратьям. Но даже среди «зажиточных» четных элементов выделяются по своей распространенности элементы-гиганты: кислород, кремний, кальций, железо.

Не может быть, чтобы этих великанов не объединяло что-нибудь общее! У нас с вами достанет юмора, чтобы не сопоставлять цвет, запах или вкус этих элементов. Да и то сказать — медные дверные ручки, на вкус которых часто ссылаются герои юмористических рассказов, в действительности никаким вкусом, как и подавляющее большинство металлов, не обладают…

Но что же тогда сопоставлять? Атомный номер? Но с ним мы уже имели дело. Другую основную характеристику элемента — атомную массу? Попробуем… Выписываем атомные массы

элементов-гигантов: 16, 28, 40, 56. Что общего у этих чисел? Разве только то, что все они без остатка делятся на 4.

Случайность? Но случайно можно разве только с приятелем в кино встретиться. Да и то, если разобраться, случайности в этой встрече не так уж много, потому что оба прогуливали один и тот же урок… Нет, делимость на 4 выплыла здесь не случайно! Впрочем, сейчас на этом обстоятельстве, которое для читателя носит пока что чисто арифметический оттенок, останавливаться не будем, но запомнить его прошу.

Хотя желаемая четкая закономерность распространенности химического элемента в зависимости от порядкового номера отсутствует, но четкая тенденция несомненна: с повышением порядкового номера распространенность химических элементов все же уменьшается. Выходит, были мы правы тогда, когда утверждали, что повышение порядкового номера должно вести к уменьшению содержания элемента в земной коре. Но только тогда мы хотели вывести это правило методом кавалерийского наскока, который хорош в маневренной войне, но почти всегда бесплоден в науке — она, наука, чаще и успешнее пользуется методом планомерной осады. Как видим, разобравшись в исключениях из этого правила и уяснив некоторые важные обстоятельства, мы пришли к правильной картине, которая оказалась не такой простой, как нам хотелось бы, но, в общем, достаточно выразительной.

Итак, чем сложнее ядро атома химического элемента, тем этого элемента в земной коре меньше. Как утверждают врачи, у худых больше шансов стать долгожителями, чем у тучных. Не случайно расчетливые американские страховые компании берут с толстяков гораздо большую сумму страховки, чем с их поджарых однолетков.

Сформулировав хотя и приблизительное, но для первой прикидки удовлетворительное правило распространенности химических элементов, можем с известным удовлетворением подвести итоги нашей работы. Мы установили, какие элементы распространены в земной коре более других. Определили, какие признаки присущи этим наиболее распространенным элементам. Нашли, что между распространенностью элемента, его порядковым номером и массовым числом существует несомненная связь.

Замечу сразу, что это не так уж мало. Найти бесспорный факт для ученого значит не меньше, чем для домашней хозяйки купить доброкачественные продукты, ибо без доброкачественных овощей не сварить хорошего супа, а без достоверных фактов не создать хорошей теории. Поэтому имеются все основания для хорошего

настроения.

Однако того удовлетворения, на которое можно было рассчитывать, согласитесь, мы не ощущаем. Потому что мы нашли ответ лишь на вопросы «как», «каким образом». Но вот почему четные элементы природе более любы, чем нечетные? Почему распространенность элемента уменьшается с увеличением его атомного номера? Почему элементы-гиганты имеют атомную массу, кратную четырем?

Но — и от этого никуда не деться — ответы на вопросы, начинающиеся с «почему», в науке ценятся гораздо выше, чем ответы на вопросы, начинающиеся с «как». Именно поэтому я не могу сказать, что в проблеме распространенности химических элементов мы проделали хотя бы половину работы. Если не все, то, во всяком случае, очень многое еще впереди.

Делись на 4 без остатка…

Об избытке производимой в наше время научной информации говорят нынче все. Действительно, информации становится многовато. И, несомненно, часть ее избыточна, а стало быть, вредна.

Проблема избыточной информации уже успела выплеснуться на страницы научно-популярной, научно-художественной, а подчас и просто художественной периодики. А недавно в одной из статей некий журналист-максималист с категоричностью, выдающей его молодость, предложил упразднить… названия химических элементов:

«Разве, говоря о химических элементах и их соединениях, не достаточно ограничиться указанием на порядковый номер химического элемента? Разве, отметив, что речь идет, например, об элементе № 8, мы тем самым однозначно не определили, что это кислород? Зачем же эта возня с названиями? Тем более, что вредный обычай присваивать химическим элементам названия подчас приводит к размолвкам в среде ученых. Вот я и предлагаю: давайте оставим за химическими элементами только номера, упразднив названия. Право, информации в выражении «соединение элемента № 11 с элементом № 17» ничуть не меньше, чем в выражении «хлористый натрий».

Наш журналист, в общем, не очень оригинален. Пишут, что в Нью-Йорке подавляющее большинство улиц обозначается номерами. Что ж, давайте перенесем этот обычай к нам, и тогда в погожий весенний вечер юноша, стоя с любимой на улице 13 угол 26-й, будет ей жарко нашептывать:

«Моя дорогая, любимая! Люблю тебя безумно!»

И услышит в ответ:

«Зачем столько лишних слов? Сказав «люблю», зачем еще говорить «любимая»? И потом, если «любимая», то, следовательно, и «дорогая» — к чему же повторения?! А «безумно» — тут не только избыточная, но и вовсе неверная информация, ведь ты в здравом уме. Если же считать, что… Но куда же ты, Миша?»

Да, не всегда избыточная информация — лишняя…

И тем не менее здравый смысл в заключениях автора есть.

Порядковый номер действительно полностью определяет, о каком химическом элементе идет речь. Уточним: важно здесь то, что, как известно всем, порядковый номер соответствует числу протонов в ядре атома химического элемента. Сказав: «атомное ядро этого элемента содержит 17 протонов», мы тем самым дали

понять, что речь идет о хлоре, потому что у хлора, и только у него, в ядре атома насчитывается 17 протонов; ибо 16 протонов — это ядро атома серы, а 18 — аргона.

Сведения о числе протонов в атомном ядре не представляют сколько-нибудь явной информации о массовом числе элемента. В ядре, в состав которого входит 17 протонов, может содержаться еще, например, 18 нейтронов, а может быть, и все 20. Разница большая!

В первом случае элемент будет иметь атомную массу 35, а во втором — 37. Кстати, а какую атомную массу имеет хлор, ведь речь идет именно о нем? Таблица свидетельствует, что атомная масса этого элемента равная 35,46.

Эта обескураживающая дробность могла бы навести на мысль, что в ядре атома хлора содержится 18,46 нейтрона. Но, во-первых, мы знаем, что нейтрон и пополам-то разделить нельзя, не то что на сотые доли. А во-вторых, к чему притворное удивление — и так всем известно, в чем дело. Природный хлор состоит из двух изотопов: хлор-35 (тот, у которого в ядре атома 18 нейтронов) и хлор-37 (тот, у которого в ядре атома 20 нейтронов). Соотношение же между хлором-35 и хлором-37 таково, что приводит к средней атомной массе 35,5. Кстати, каждый пятиклассник, знакомый с правилом пропорций, может подсчитать, исходя из средней атомной массы хлора, что в природных соединениях этого элемента содержится 75,5 % хлора-35 и, стало быть, 24,5 % хлора-37.

Вряд ли стоит напоминать, что количество протонов в атомном ядре полностью определяет строение электронной оболочки и, следовательно, химические свойства элемента. Таким образом, в химическом отношении разные изотопы одного элемента неразличимы.

Да, конечно, весь этот разговор был затеян для того, чтобы читатель вспомнил, что такое изотопы. Потому что наш рассказ о распространенности химических элементов должен свестись к распространенности изотопов. Это будет более правильный подход, который сулит больше шансов на успех, чем «глобальное» рассмотрение.

Большинство химических элементов в природе представляет собой смесь нескольких изотопов: двух (например, уже упоминавшийся хлор, который состоит из изотопов с массовыми числами 35 и 37), трех (например, кислород, который образован изотопами 16, 17, 18), а нередко и больше. Например, то, что мы называем одним словом «кальций», в действительности представляет целый выводок изотопов с массовыми числами 40, 42, 43, 44, 46 и 48. Рекорд многочисленности принадлежит

олову — под этим названием объединяется целый десяток изотопов с массовыми числами от 112 по 124.

А теперь можно набросать канву — в подражание Феликсу Кривину — басни в прозе. Кислород, подбоченясь, презрительно бросает трудяге-алюминию:

— Ты, братец, посторонись, много тут вас, мелкопоместных!

— А кто же вы будете, ваше высокоблагородие? — робея, спрашивает алюминий.

— Я кислород! Кислород-17! — высокомерно и напыщенно заявляет гордец.

И алюминий, которого подводит его необразованность, униженно отступает на обочину, не ведая, что содержание этого кислорода-17 в земной коре по сравнению с алюминием не просто незначительно, а и вовсе ничтожно.

Мораль басни ясна: неверно говорить о распространенности химического элемента вообще — надо учитывать содержание в земной коре каждого из изотопов в отдельности.

Для того чтобы установить закономерности распространения в земной коре изотопов, займемся поначалу игрой «чет-нечет». Учтем, что число протонов в ядре атома может быть либо четным, либо нечетным. То же можно сказать и о числе нейтронов. Отсюда следует, что по классификации «чет-нечет» возможны четыре типа ядер, которые для наглядности сведем в табличку:

Тип ядра	Число протонов	Число нейтронов
I	чет	чет
II	нечет	нечет
III	чет	нечет
IV	нечет	чет

Разложим все известные нам изотопы по полочкам. И сразу выяснится прелюбопытное обстоятельство. Полка I («чет-чет») забита, что называется, доверху, изотопа лишнего приткнуть некуда. Полки III и IV заставлены совсем свободно, а вот полка II, считайте, совсем пуста: какие-то жалкие 4 изотопа, которые не сразу-то и заметишь.

Итак, природе особенно любы атомы, ядра которых содержат четные числа протонов и нейтронов. К противоположной комбинации («нечет-нечет») природа относится с нескрываемым отвращением. Но природа, как верховный судья, обязана быть беспристрастной. И если она отошла от этого принципа, открыто

отдав симпатии типу ядер «чет-чет», надо полагать, у нее на это имеются серьезные основания.

Попробуем ввести классификацию изотопов по другому признаку. Признак этот на первый взгляд может показаться несколько искусственным. Но раньше я предупреждал, что нам придется еще говорить о делимости массовых чисел на 4,— речь сейчас идет именно об этом признаке.

Не надо вспоминать очень несложное правило делимости на 4, чтобы догадаться: в этой системе классификации может быть четыре типа изотопов. К первому из них относятся изотопы, чьи массовые числа делятся на 4 без остатка. Примерами могут служить кислород-16 или кремний-28. Назовем этот тип «4р». Изотопы, массовые числа которых при делении на 4 будут давать в остатке 1, обозначим 4р + 1 (пример: хлор-37). Очевидно, что, помимо этих типов, возможны еще два: 4р + 2 (например, азот-14) и, наконец, 4р + 3 (алюминий-27).

Справедливости ради отмечу, что существует несколько изотопов, которые не подпадают под эту систему классификации. Это те, массовое число которых меньше четырех, то есть в данном случае они вообще состоят лишь из одного «остатка». Изотопов этих очень немного, и можно было бы вообще о них не вспоминать, если бы в их число не попадал такой важный, как можно об этом догадаться, водород-1 («обычный» водород в отличие от тяжелого водорода с массовым числом 2 — дейтерия).

Прежде всего бросается в глаза, что в тех случаях, когда какой-либо химический элемент состоит из смеси нескольких изотопов, то всегда (за очень редкими исключениями, которые только подчеркивают справедливость общего правила) абсолютно преобладающим будет изотоп типа 4р.

Примеры, подтверждающие это правило, можно отыскать, ткнув наугад в таблицу Менделеева. Куда попали мы пальцем? Клетка № 8, кислород. Уже упоминалось, что этот элемент состоит из трех изотопов: 16, 17 и 18. Так вот, кислорода-16 (тип 4р) в природном кислороде и всех его соединениях содержится 99,76 %. Стоит ли теперь приводить жалкие величины содержания остальных изотопов кислорода?

У кальция шесть изотопов, которые перечислялись раньше. На долю кальция-40 (4р!) приходится 96,9 %. Как видим, остальные пять изотопов должны довольствоваться малым, очень малым…

Конечно, очень хотелось бы вести повествование таким образом, чтобы каждый раз подводить читателя к каким-то неожиданным выводам, непрерывно читателя удивляя, а то и поражая. Удивление, конечно, хорошо, но на нем одном в науке

не выедешь. Надобно еще и размышление. Все приведенные факты предназначались обосновать вывод: большинство атомов, из которых состоит земная кора, относится к типу 4р.

Да, 75 % земной коры «делится без остатка на 4». Вывод после всего сказанного о преобладании изотопов типа 4р не неожиданный, а все-таки удивительный. Чем объяснить пока что совершенно непонятную склонность природы к числу 4? Влечение тем более загадочное, что эти 75 % выглядят совсем уж внушительно на фоне жалких 0,01 % и 0,05 % (содержание в земной коре типов 4р + 1 и 4р + 2). Несколько более благополучен тип 4р + 3 — его в земной коре 8 %. Этой своей, впрочем, относительной зажиточности тип 4р + 3 целиком обязан алюминию, который (атомная масса единственного изотопа алюминия составляет 27) относится к числу наиболее мощных элементов-гигантов. И наконец, 17 % атомов земной коры приходится на долю внеклассификационного водорода.

А ответа на вопрос «почему» все нет. И тянет попытать счастья с другими числами. Скажем, попробовать классифицировать изотопы по признаку делимости на 8. Или на 16. А может быть, что-нибудь интересное получится, если в качестве делителя взять «счастливое» число 7? Или «несчастливое» 13? Если продолжать игру, то можно докатиться до подмены объективных законов естествознания игрой в магические числа.

«Магические числа»? Слова эти у меня вырвались нечаянно, но как нельзя более чем кстати. Ведь именно этот термин можно встретить на страницах учебников ядерной физики в разделе, посвященном устойчивости атомных ядер. Там же и приводятся эти «магические числа»: 2, 8, 20, 28, 50, 82 и 126.

«Магия» в данном случае относится к количеству протонов или нейтронов в ядре атома. Но неужели физика да еще такой современный ее раздел, как учение об атомном ядре, имеет что-либо общее с магией, хиромантией и прочей ложнотаинственной заумью?

«Магическими» физики назвали эти числа потому, что атомные ядра, содержащие названные числа протонов и нейтронов, наиболее устойчивы.

Но, как мы сейчас убедимся, эти числа волшебны и для геохимии. Впрочем, читатель, наверное, уже сам заметил, что наиболее распространенные в земной коре изотопы так или иначе связаны с «магическими числами».

Чемпион чемпионов по распространенности — кислород. Весь встречающийся в земной коре кислород, можно сказать, состоит из изотопа с массовым числом 16.

Но ведь ядро этого изотопа содержит 8 протонов («магическое число») и 8 нейтронов (еще «магическое число»). Серебряный призер распространенности — кремний, атомная масса которого равна 28 — «магическое число»! Достаточно распространенный элемент кальций наиболее богат изотопом 40 — снова дважды «магическое число» (2x20).

На этот раз мы окончательно прекращаем манипулировать с числами, не то у читателя и впрямь может возникнуть представление, что все учение о законах распространенности химических элементов в земной коре сводится к числовым комбинациям.

А ведь с помощью манипуляций с числами, как известно, можно предсказать (и предсказывали!) что угодно: начало мировой войны, землетрясение в Исламбаде, пришествие антихриста и рождение очередного Наполеона.

Но как бы то ни было, из всего сказанного с очевидностью вытекает, что распространенность химического элемента связана со свойствами атомного ядра. И поэтому геохимик, пытаясь получить ответ на вопрос «почему», без услуг физики, ядерной физики, обойтись никак не может.

Брать быка за рога…

Частицы, составляющие атомное ядро, стягивают в одно целое ядерные силы — физики это установили давно. Научились они и подсчитывать величину энергии связи. А узнав общую величину энергии связи, совсем просто подсчитать долю энергии, приходящуюся на одну частицу, — удельную энергию связи частиц в ядре.

В сущности, эта новая для нас характеристика атомного ядра описывает стабильность химического элемента: понятно, что чем удельная энергия связи больше, тем устойчивее этот химический элемент. Устойчивость… распространенность… Согласитесь, что между этими словами что-то общее есть, несомненно есть…

Впрочем, если бы мы захотели уловить какую-либо закономерность между удельной энергией связи и зарядом ядра химического элемента, то были бы столь же обескуражены, как и в случае распространенности. «Как и в случае распространенности»… Нет, не случайно мы соединили эти два слова — устойчивость и распространенность!

Но теперь, наученные горьким опытом, не будем преждевременно сокрушаться по поводу отсутствия строгих закономерностей. Потому что мы очень скоро установим, что, как и в случае распространенности, наибольшей энергией связи характеризуются кислород, кремний, кальций, железо… Все те же элементы-гиганты! Случайное совпадение? Но проблема случайного в природе уже обсуждалась, и вывод был как будто бы определенным. А раз так, то сопоставим распространенность и удельную энергию связи (устойчивость) повнимательнее.

Да, несомненно, самые устойчивые химические элементы наиболее распространены в земной коре. Правда, здесь не все понятно. И самое главное: почему наибольшей энергией связи характеризуется железо, а более всего в земной коре все же кислорода?

Что ж, запомним эту особенность железа. Запомним и в будущем постараемся в ней разобраться.

Приученный уже относиться к числу 4 с настороженностью, читатель несомненно заметит, что изотопы, находящиеся на зубцах графика, все, без исключения, принадлежат к типу 4р. В самом деле, каждый из изотопов типа 4р обладает удельной энергией связи заметно большей, чем его соседи. Взять хотя бы кислород, слева от которого в периодической системе стоит азот, а справа — фтор. Созерцая эту троицу, можно сказать лишь одно: Гулливер (кислород) среди лилипутов (его соседи). Эта

литературная реминисценция вполне оправданна: удельная энергия связи частиц в ядрах азота и фтора впятеро меньше, чем у кислорода.

Можно было бы, конечно, позавидовать счастливцу кислороду: у него, дескать, и распространенность наибольшая, и удельная энергия связи гораздо внушительнее, чем у других изотопов с близкой атомной массой. Но, впадая в постыдный грех зависти, не совершаем ли мы при этом еще и логическую ошибку? Правильным ли будет замечание: «Везет же артисту Н. — и тенор у него прекрасный, и выигрышную во всех отношениях партию Ленского ему поручили…» Понятно, что именно потому тенор Н. будет петь «Куда, куда вы удалились…», что у него отменный голос, а вот гораздо менее счастливый в вокальном отношении М. поет лишь «Ви роза…».

Так, быть может, потому кислород относится к элементам-гиган-там, что удельная энергия связи у него выше, чем у других изотопов с близкими массовыми числами? «Может быть…» А если без предположений, наверняка?

Пытаясь получить ответ «наверняка», не следует брать быка за рога. А надо отметить одну любопытную особенность этих «делящихся на 4 без остатка» элементов. Во-первых, у подавляющего большинства из них число протонов равно числу нейтронов. А во-вторых, эти числа четные.

Комбинация 2 протона-|-2 нейтрона в силу законов микромира энергетически особенно выгодна. Этот квартет неразлучен не только в ядре. Даже при ядерных катаклизмах — при радиоактивном распаде элемента — эта компания старается не разлучаться: вспомним альфа-распад. Ведь альфа-частица, вылетающая из ядра, — это и есть содружество двух протонов и двух нейтронов.

Итак, природе выгодно создавать ядра, состоящие из четного числа протонов и четного числа нейтронов, то есть «делящиеся на 4 без остатка». Слово «выгодно» здесь и в одной из предыдущих фраз приведено без кавычек. Они, кавычки, здесь не нужны. Потому что природа всегда следует путем наибольшей энергетической выгоды. А поскольку этот путь предопределен основным законом природы — законом сохранения энергии, — то это та самая выгода, которая никак не служит синонимом слова «корысть». Выходит, нет у природы особенного стремления к четным числам, а есть четкий физический закон, согласно которому строят жизнь химические элементы.

Наконец, достаточно просто объясняются и числа, которые физики прозвали «магическими» (помните: 2, 8, 20…). Частицы, образующие атомное ядро, располагаются не произвольно, а в

таком же строгом порядке, как электроны, вращающиеся вокруг ядра. И так же, как и в случае электронов, в атомном ядре существуют оболочки, наполнение каждой из которых отвечает определенному «магическому» числу. Поэтому и здесь, несмотря на столь интригующий эпитет, как видим, ничего таинственного нет.

Пока что получается, как в романе с замысловатой, но не очень профессионально построенной интригой: на протяжении всего романа автор накручивает самые невероятные события, а когда становится очевидным, что узлов завязано столько, что развязывать их — дело безнадежное, автор заталкивает всех героев в лифт, который, конечно же, обрывается, и автор с облегчением выводит слово «конец».

Но анализ закономерностей распространенности химических элементов, увы, не роман. Сюжеты здесь придумывает не автор, а природа, которая, к сожалению (а вернее всего, к счастью), не склонна к эффектам.

Из всех определений понятия «наука» (а имя им — легион) мне больше всего по душе такое: настоящей наукой следует считать такую область знаний, где ответ на один вопрос рождает по крайней мере два других вопроса.

И один из таких вопросов возникает немедленно. Утверждалось, что чем прочнее связаны частицы в ядре атома, тем этого элемента в природе больше. Но ведь чемпион по величине удельной энергии связи — железо. А этот элемент в иерархии распространенности только четвертый. Как можно это объяснить?

Честно говоря, вопросов здесь гораздо больше. Но и этот один показывает, что наука о распространенности химических элементов — настоящая наука, и, более того, наука интересная.

Последний комплимент геохимии не освобождает нас от поисков ответа на поставленный вопрос. Итак, будем решать, кто все же настоящий чемпион: кислород или железо?

«Лучший портной»

Хочется вспомнить старую и, в общем-то, хорошо известную историю, не потерявшую от этого, впрочем, аромата поучительности. На одной из окраинных улочек дореволюционного провинциального местечка жили трое портных, конечно же конкурировавших друг с другом. Желая подчеркнуть свое превосходство, первый портной намалевал вывеску: «Лучший портной в городе». Второй не остался в долгу, и его хибара украсилась вывеской: «Лучший портной в Расеи». Что оставалось третьему? Претендовать на мировое господство? И над домиком укрепилось гордое: «Лучший портной на ефтой улице».

До сих пор речь шла о распространенности химических элементов в земной коре, которая и по объему и по массе составляет лишь очень малую часть земного шара. Можно ли считать, что картина относительной распространенности химических элементов в земной коре, установленная для земной коры, будет справедлива для планеты в целом? Не приходится сомневаться в том, что это было бы слишком смелое и неоправданное обобщение. Как неправомерно было бы судить о знаниях учащихся всего класса, вызвав наудачу одного лишь Тяпкина, так же нельзя считать, что химический состав тоненького поверхностного слоя позволяет судить о распространенности химических элементов на всей планете в целом. Может быть, кислород и впрямь чемпион лишь «на ефтой улице»?

Да, так оно и получается. Если рассмотреть таблицу, в которой сведены данные о распространенности химических элементов во всем нашем земном шаре, а не только в поверхностном слое, мы увидим, что железо занимает там уверенно и бесспорно первое место. Оказывается, что Земля более чем на 1/3 состоит из 26-го элемента: на его долю приходится почти 37 % массы планеты. Кислород же вынужден потесниться на вторую ступеньку пьедестала почета — его вклад в массу планеты около 30 %. Третье место уверенно занимает кремний (14,9 %). Далее, солидно поотстав от золотого и серебряного призеров, но с хорошим отрывом от преследователей идет магний (6,7 %), за ним устремляется алюминий (3,0 %) и, наконец, на последней ступеньке олимпийского зачета стоят, обнявшись, два элемента — никель и кальций (по 2,9 %).

Рассматривая этот строй элементов-победителей, мы уже не станем дивиться, не станем недоумевать по поводу

несправедливостей природы. Теперь уже многое понятно. Конечно же, первое место, которое заняло железо, полностью отвечает устойчивости его атомного ядра. Все закономерно и справедливо: первый по величине удельной энергии связи — первый и по распространенности на нашей планете.

Следующих три призера тоже занимают свои места по праву — это все наши старые знакомые элементы-гиганты, относящиеся к привилегированному клану элементов типа 4р.

Нельзя пояснить причину различия химических составов земной коры и планеты в целом, не коснувшись, хотя бы мимоходом, проблемы строения Земли. Специалисты-геологи различают в нашей планете столько слоев, из которых, по их мнению, весьма убедительному и справедливому, состоит Земля, что, подбирая сравнение, иллюстрирующее современную модель Земли, ничего лучше капусты не придумаешь. Но вряд ли нам нужна такая детализация. Достаточно запомнить, что Земля состоит из коры, мантии, которая простирается на глубину приблизительно до 3000 километров, и ядра, название которого достаточно красноречиво говорит о его положении.

Мантия состоит в основном из окислов. Так что кислорода там, разумеется, хватает. Что же касается тех элементов, с которыми соединен кислород, то гадать о них после всего сказанного об элементах-гигантах не приходится. Это железо, магний, кальций и, конечно же, кремний. Нигде торжество типа 4р не проявляется так ярко и празднично, как в химическом составе мантии!

Ядро же нашей планеты — это железо с довольно значительной примесью никеля и, возможно, некоторой примесью кремния и серы. Если учесть, что ядро по объему составляет немногим меньше 20 %, а по массе немногим больше 30 % земного шара, то не приходится удивляться, что железо с таким преимуществом выходит на первое место в табеле распространенности химических элементов на нашей планете.

Поскольку в определенные периоды существования Земля (или, по крайней мере, отдельные ее зоны) была расплавлена, легкие химические элементы и их соединения, так сказать, всплывали наверх, а тяжелые опускались вниз. Именно поэтому в земной коре и верхних слоях мантии так много легкого металла алюминия. И поэтому так мало алюминия в нижних слоях мантии и, уж конечно, совсем нет его в земном ядре. И потому никеля и других «тяжелых» элементов в мантии и в ядре гораздо больше, чем в коре.

«Всю-то я Вселенную…»

Сегодня мы позволяем себе удивляться лишь самому необычному: рекордному запуску космического корабля, открытию неизвестного дотоле крупного млекопитающего, проигрышу хоккейной команды ЦСКА. Хорошо ли это или плохо? Смотря для кого. Дело в том, что ученым положено удивляться, так сказать, по штату, потому что без удивления невозможно сделать, пожалуй, самого пустячного открытия.

Вот почему я приглашаю вас вместе со мной остановить свое внимание на одном факте, известном, впрочем, достаточно давно, но тем не менее удивительном и удивляющем.

Скажите, разве не достойно изумления то обстоятельство, что химический состав Солнца, да что там Солнца — химический состав звезд, даже тех, что отстоят от нас на расстоянии многих и многих тысяч световых лет[2], известен нам с гораздо большей доскональностью, чем состав глубинных областей нашей планеты.

…Поначалу человеку, не осведомленному в астрономических делах и заботах, разглядывание звезд в телескоп представляется зряшным делом: наводишь на звезду трубу телескопа, такого громадного, что ожидаешь: сейчас во-о-он та далекая мерцающая горошина превратится в яблоко, на худой конец в крупную вишню. Но вы с разочарованием видите маленькую точку, размеры которой, пожалуй, по сравнению с оригиналом даже уменьшились, по-видимому, за счет того, что пропадает окружающий «оригинал» ореол. Да, умом вы воспринимаете объяснение, согласно которому звезды находятся так чудовищно далеко, что самые мощные телескопы оказываются бессильными перед такими расстояниями. Да, умом можно понять многое, но сердцем…

Впрочем, астрономы наводят телескопы на звезды вовсе не ради подобных сомнительных, а для них, профессионалов, и вовсе смешных сентенций. Астрономы приспосабливают к телескопу спектрограф и добывают с помощью этого тендема много поучительнейших сведений.

Тут уместно было бы поговорить о спектроскопии — замечательном методе физики и химии, который позволяет определять, из каких элементов состоит нагретое до высокой температуры тело. При этом совершенно безразлично, находится ли исследуемый объект здесь, на лабораторном столе, или в созвездии Водопаса, за много-много световых лет от Земли. Световое излучение, попадая в спектроскоп, независимо от расстояния, которое оно проходит, несет точную, я бы сказал —

даже исчерпывающую информацию о составе исследуемого тела. Да, разговор о спектроскопии был бы весьма поучительным, но о спектральном анализе, его зарождении, развитии и успехах уже рассказал точно, ясно и интересно М. Бронштейн в книге «Солнечное вещество», которую с полным основанием можно считать классикой научно-художественного жанра[3].

Астрономы утверждают, что большая часть материи Вселенной сосредоточена в звездах. Хотя в последнее время появились гипотезы, которые утверждают, что «холодной» материи во Вселенной гораздо больше, чем считали прежде и считают нынче, можно полагать, что звездного, «горячего» вещества все же больше. Поэтому, изучая химический состав звезд, можно составить достаточно полное представление о распространенности элементов во Вселенной.

Все закономерности распространенности, отмеченные ранее, здесь также соблюдаются в полной мере: вот два наших старых знакомых кислород и железо и здесь возвышаются над прочими «неудачниками». И конечно же, наблюдается закономерное уменьшение распространенности с увеличением порядкового номера.

Такая наглядная «плакатность» закономерностей, отражающих зависимость космической распространенности химических элементов от свойств атомного ядра, связана с тем, что в звездах отсутствуют многие из тех факторов, которые «путают карты» и искажают картину распространенности элементов на планетах. Так, например, здесь, в космосе, содержание инертных газов закономерно укладывается на кривую, в то время как для земной коры этим элементам отвечали глубокие провалы на графике.

Но вот что действительно необычно в космической распространенности химических элементов — это громадные всплески, отвечающие двум самым легким элементам: водороду и гелию. Если высокая распространенность гелия еще соответствует правилу «4р», то столь высокое содержание водорода — а его во Вселенной во много раз больше, чем всех остальных элементов, вместе взятых, — не согласуется со всеми теми закономерностями, о которых шла речь. Причина такого возвышения водорода над прочими химическими элементами известна досконально и в четвертой главе о ней будет рассказано достаточно много.

Хочу думать, что мы потрудились не зря и что закономерности распространенности химических элементов и в земной коре, и в планете в целом, и во Вселенной нам понятны больше, чем вначале. А это именно то, что требуется от науки.

Значит, пока все обстоит хорошо…

Окончание

…потому что вас сразу отвезут в ту же тюрьму, где содержится ваш приятель с этим изящным прозвищем. И там вы будете иметь предостаточно времени, чтобы ликвидировать свое невежество, удивительное даже для капитана захудалой транспортной колымаги. Уж я позабочусь, чтобы вам в камеру доставили не только Библию, но и две-три популярные книжонки, из которых вы дознаетесь, что золота мало не только на Земле. А кроме того, может быть, вы научитесь, как с помощью элементарных химических реакций отличить золото, настоящее золото, от соединения сурьмы с серой, которое и впрямь походит на самородное золото, хотя этим сходством можно было затуманивать головы обывателей разве что в дремучем XX веке.

ГЛАВА II

В которой читатель познакомится с весьма интересной кривой, помогающей, в частности, предсказывать завтрашнюю погоду и объясняющей причину радиоактивности; узнает, что все в этом мире относительно, даже понятия «устойчивый» и «неустойчивый»; увидит, что из воздуха можно строить не только замки; научится определять время по часам с заводом на миллиард-другой лет; совершит путешествие на своеобразные острова.

Инспектор Варнике возвращается к Баху

Ну конечно, стоит взять в руки виолончель, как телефон считает своим долгом выступить в роли аккомпаниатора! — Инспектор Варнике недовольно морщится и пытается сонатой Баха для виолончели соло заглушить телефонный звонок.

Но куда старику Иоганну Себастьяну состязаться с пронзительным изделием фирмы Руммер! Впрочем, Варнике не спешит. Он открывает стоящий на отдельном столике сундучок, со вкусом перебирает коллекцию трубок, наконец останавливается на трубке, подаренной герцогом Мальборо (да, да, именно после ТОГО дела!), медленно раскуривает. Бессознательно оттягивая неприятный разговор — а разве станут беспокоить инспектора полиции по приятному делу? — Варнике тешит себя мыслью: а вдруг это звонит старина Пуаро, чтобы сообщить, что он решил скоротать конец недели со своим давнишним другом, или, быть может, живчику Мегрэ не терпится сообщить, что он выслал сюда, в Гамбург, бочонок вермута. И инспектор снимает трубку.

— Слава богу, Варнике! — шумно выдыхает в трубку полицей-комиссар Шуббарт (нет, чудес на свете не бывает…). — А я уж решил, что вы изменили своим привычкам и, вместо того чтобы по средам играть Баха, засели у Глобке и смакуете свежую партию кальвадоса.

— У Глобке я бываю по пятницам, — сухо уточняет Варнике, — и пью в этом заведении не кальвадос, а перно.

— Простите, инспектор, — почти подхалимски поет комиссар, — я…

— Кальвадос я пью по субботам у Кранка, — перебивает его Варнике, любящий точность во всем и, уж конечно, в том, что касается его.

— Да, да, разумеется, — поспешно соглашается полицей-комиссар. — Варнике, снова требуется ваша помощь. У меня сидит, — голос комиссара приобретает оттенок трепетной почтительности, — господин Карлшреттер… Да, да, тот самый: господин старший финансовый советник Карл Карлшреттер.

— Убийство? — холодно осведомляется инспектор, все еще не простивший комиссару, что его оторвали от Баха.

— Хуже! — восклицает комиссар.

— У господина банкира украли сеттера?

Но ирония и полицей-комиссар Шуббарт — две вещи несовместимые.

— Вскрыт и ограблен сейф Б-12!

— Ого! Я всегда говорил, что нельзя взломать только совесть, да и то лишь у некоторых…

— И, как всегда, оказались правы, — елейно вставляет комиссар.

— И что же унесли?

— М-м-м…

— Говорите, Шуббарт. — Я же вижу, что банкир Карлшреттер кивает вам, разрешая доверить тайну телефону.

— Унесли два с половиною фунта ацидофилиния!

— Чего?

— А-цидо-фили-ния…

— Первый раз слышу.

— Это такой металл, химический элемент.

— Элемент? Гм!.. До сих пор мне казалось, что химию я, в общем, знаю неплохо. Такого элемента нет, Шуббарт.

— Есть. Варнике! Это… как его… Сто одиннадцатый элемент. Нашел этот элемент один тронутый химик. Его финансировал господин Карлшреттер. Первую партию металла он и спрятал в Б-12.

— Комиссар, вы не ошиблись? Переспросите еще раз вашего визитера.

— Одну минуту… Да, все верно. Элемент сто одиннадцатый, ацидо-филиний. Так прозвал его этот… ну, в общем, химик… Варнике, надо отыскать взломщика — дело очень серьезное!

— Взломщика, говорите? Что ж, попробую… Гм, ацидофилиний… Очень интересно… Очень… Вот что, Шуббарт, задайте герру старшему финансовому советнику два вопроса: как он успевал по химии в школе и на какую сумму он застраховал этот металл в агенстве Элефантера.

— Сию секунду!.. Господин Карлшреттер говорит, что с химией его отношения сложились неважно. А металл он действительно застраховал у Элефантера на… ого, на семьдесят пять миллионов!

— Да, Шуббарт, вы зря оторвали меня от Баха. Посоветуйте банкиру немедленно забрать заявление о хищении. А если он откажется, арестуйте его… Да, я сказал именно это: арестуйте его за мошенничество, потому что…

[Продолжение на стр. 82]

И в мае бывают морозы, или мы — не Лапласы!

В самом деле, отчего так разнятся химические элементы по своему содержанию? И не предположить ли, что поначалу элементов было поровну, но тяжелые успели уже «скончаться»?

«Смерть» элемента может наступать только в одном случае: при его распаде. Распад же атомного ядра, — это радиоактивность. Не она ли причина того, что последние элементы периодической системы находятся в земной коре в таком мизерном количестве, а ведь они и впрямь все радиоактивны.

Итак, слово произнесено: радиоактивность. Теперь мы просто обязаны разобраться подробнее в некоторых проблемах, связанных с этим свойством материи. И прежде всего необходимо поговорить о том, чем вызвана радиоактивность. Почему атомное ядро внезапно, без каких-либо воздействий извне, разрушается?

В одной из прежних книг я уже приводил ответ великого французского астронома Лапласа на вопрос о том, как он создает свои теории. Ответ настолько удачный, что мне хочется еще раз вспомнить его. Лаплас ответил кратко и остроумно:

— Я беру первую пришедшую мне в голову мысль и опровергаю ее по частям.

Попробую воспользоваться методом Лапласа. Итак, приходите к нам, мысли о причинах радиоактивности, — будем опровергать вас по частям!

Первая мысль долго ждать себя не заставляет. Несомненно, радиоактивность каким-то образом связана с громоздкостью атомного ядра. Оно и понятно: по-видимому, очень уж громоздкие ядра под тяжестью сваленных в кучу без малого сотни протонов и полутора сотен нейтронов разваливаются под собственной тяжестью, как карточный домик. Должен заметить, что мы с вами, можно сказать, походя сформулировали первую из теорий радиоактивного распада, которая господствовала тогда, когда не были еще известны с доскональностью скорости распада разных элементов. Когда же эти скорости стали известны, то… мысль эту не пришлось даже опровергать по частям, она разлетелась сама собой, причем быстрее, чем самый из неустойчивых радиоактивных элементов.

Посудите сами. Если наше предположение было верным, то должна была бы соблюдаться очевидная закономерность: чем тяжелее элемент, тем он быстрее распадается. Но, увы, если

периоды полураспада[4] первых тяжелых радиоактивных элементов (полоний, астат, радон и др.) составляют дни, часы, иногда даже минуты, но редко годы, то период полураспада тория — 14 миллиардов лет, а у последнего и, стало быть, самого тяжелого из естественных радиоактивных элементов, урана, период полураспада 4,5 миллиарда лет.

Часто даже самые хитроумные и, казалось бы, в высшей степени прочные научные построения можно развалить двумя-тремя, а нередко и одним вопросом. Мне вспоминается доклад, который довелось слушать лет пятнадцать назад на международной конференции по физике высоких энергий. Честно говоря, мне, химику, на этой конференции можно было тешить лишь свое любопытство (даже не любознательность). Дело в том, что на конференцию съехались самые выдающиеся физики современности, и меня весьма соблазняла возможность увидеть — одновременно! — восемь нобелевских лауреатов.

Шло рядовое заседание. Докладывал о каких-то дремучих физикотеоретических проблемах один очень представительный и, не сомневаюсь, весьма компетентный специалист, фамилии которого я не помню (а помнил — все равно бы не сказал). Профессор водил указкой по строкам формул, которыми была густо исписана громадная доска. У меня не было ни малейших сомнений в том, что разобраться в этом нагромождении уравнений можно только при виртуозном знании математики, да и то ценой многодневных усилий. Да, не мне было вкушать от этого пиршества математики!

Доклад окончился, и докладчик с довольным видом отряхивал руки от мела. Председательствовавший на заседании академик И. Е. Тамм осведомился, кому будет угодно задать вопросы. Вопросов не было, что я посчитал совершенно естественным: кто из слушателей мог разобраться в этих горах математики, что называется, по слуху! Но тут поднялся Л. Д. Ландау — но случаю царившей тогда в Киеве июльской жары он был одет в весьма пеструю рубашку с короткими рукавами — и спросил у плавящегося в темном костюме докладчика:

— Скажите, пожалуйста, в том уравнении, что написано в четвертой строке… нет, не сверху, а снизу, у вас действительно знак «плюс»? Вы уверены в том, что здесь не должен быть «минус»?

Докладчик повернулся к доске и стал изучать уравнение. Он стоял молча минуту, три, десять… Игорь Евгеньевич Тамм еле заметно улыбнулся и объявил перерыв.

Подобные неприятные вопросы были заданы и первой теории радиоактивности. Можно их перечислить в том порядке, в каком

они выдвигались оппонентами:

— Почему радиоактивные элементы распадаются с неодинаковой скоростью?

С этим вопросом прежняя теория радиоактивного распада худо-бедно справлялась.

— Потому что, — ответствовала теория, — различные радиоактивные элементы обладают различной устойчивостью.

И хотя было неясно, *почему* у элементов разная устойчивость, ответ можно было принять. Но далее следовал вопрос посерьезнее:

— Почему эти неустойчивые ядра распадаются постепенно, а не сразу? Почему за единицу времени всегда распадается одна и та же доля имеющихся в наличии атомов радиоактивного элемента?

— Потому что, — не очень уверенно ответствовала теория, — неустойчивость в атомных ядрах накапливается постепенно.

Если ответ на первый вопрос представлялся не очень понятным, то этот был и вовсе темен.

И, наконец, следовал сокрушающий вопрос:

— Известно, что альфа-частица, вылетающая из ядер полония, радона, радия, урана и других радиоактивных элементов, имеет энергию значительно меньшую, чем энергия связи этой частицы с ядром. Это все равно, как если бы прыгун, подпрыгивая на 1,5 метра перед забором высотой в 2,5 метра, все равно перемахивал через препятствие. Что вы ответите на это?

Тут уже теория и вовсе молчала, расписываясь в своей несостоятельности.

Что ж, придется искать новые пути объяснения закономерностей радиоактивного распада. И эти поиски я начну с того, что предложу полюбоваться одной симметричной кривой, форма которой на первый взгляд не содержит ничего необычного. И тем не менее это замечательная кривая! Еще бы, она позволяет предсказать, сколько учащихся вашей школы закончат этот учебный год на круглые пятерки, а сколько, увы, останутся на второй год. И еще с помощью этой кривой вы с большой точностью установите, сколько в мае выпадет дней, которые будут отличаться от средней температуры этого месяца на 5, 10 и даже на 12 градусов, то есть будут необычно холодными или, напротив, столь же необычно жаркими. Эта кривая позволяет с бесспорностью выдать прогноз относительно того, сколько раз на протяжении грядущих десяти лет футбольной команде киевского «Динамо» доведется ликовать по поводу выигрыша у соперников по высшей лиге со счетом 7:0; впрочем, эта кривая позволяет подсчитать и то, сколько раз придется болельщикам киевского

«Динамо» сокрушаться по поводу того, что их любимая команда проиграла со счетом 0:5. Эта кривая довольно точно предскажет число гениев XXI века, а также сколько двойняшек родится в будущем году в городе Кологриве.

Как видим, эта кривая — незаменимое подспорье всем специализирующимся на прогнозах и гаданиях: астрологам, метеорологам и прорицателям. Не приходится сомневаться, что располагай Ходжа Насреддин набором таких кривых, он сумел бы показать чудеса еще подиковиннее, чем при пользовании старинной китайской книгой.

Но я привел эту кривую вовсе не для того, чтобы порадовать начинающих чернокнижников. Специалистам-математикам эта фигура, называемая кривой вероятностного распределения, а чаще несколько интимнее «палаткой», известна хорошо, и ее «прорицательные» способности у них никакого удивления не вызывают. «Палатка» — геометрическое выражение зависимости между числом вероятных событий и отклонением этих событий от какой-то средней величины. На оси откладывают процент общего числа событий, например процент дней, которые по температуре в мае совпадают со среднемесячной; естественно, что таких дней будет больше всего, поэтому на кривой вероятностного распределения этим чаще всего встречающимся дням и будет отвечать максимум. Но бывают дни, которые отличаются от среднемесячной на 1 градус, то есть бывают на градус холоднее или на градус теплее. Естественно, что таких дней будет достаточно много. Но вот уже дни, когда температура отличается от среднемесячной на 5 градусов, будут встречаться реже. Совсем редко выпадают дни, когда температура будет на 10 градусов выше или ниже среднемесячной. Что же касается дней, отличающихся по температуре от среднемесячной на 15 градусов, то это именно та самая погода, какой не помнят долгожители.

Читатель, конечно, понял, что предсказывать майскую погоду с помощью «палатки» невозможно. Можно только определить вероятность совпадения температуры завтрашнего дня со среднемесячной (разумеется, эта вероятность будет наибольшей), вероятность отклонения от среднемесячной температуры на 1, 5, 10 и вообще любое число градусов. Вот почему, пророчествуя с помощью «палатки» температуру на завтра, мы должны были бы называть именно среднемесячное значение как наиболее вероятное и ошибались бы не чаще, чем… бюро прогноза погоды.

Столь подробное разъяснение кривой вероятностного распределения я привел, разумеется, не для того, чтобы направить читателя по зыбкому пути предсказателя погоды. Дело в том, что эта кривая очень точно представляет многие

физические процессы. Так, «палатка» с предельной точностью описывает, какой процент молекул в данном объеме газа будет обладать так называемой средней скоростью, а сколько молекул будут превышать эту среднюю скорость на определенную (заданную) величину — на 2, 43, 87 или 194 %. Но для нас главное то, что кривая вероятностного распределения позволяет проникнуть и в некоторые из тайн радиоактивности.

Частицы, из которых состоит атомное ядро — протоны и нейтроны, — как и каждое материальное тело, обладают определенной энергией. И энергия эта, прошу учесть, не у всех нуклонов одинакова. Да, в большинстве ядер нуклоны безлико одинаковы, то есть обладают энергией, близкой к среднему значению (максимум на «палатке»). Встречаются ядра, у которых нуклоны обладают энергией меньшей, чем средняя. Но попадаются ядра — и число их можно рассчитать довольно точно, — нуклоны которых по своей активности резко отличаются от «толпы», то есть от нуклонов, энергия которых характеризуется средним значением. Иногда эти нуклоны обладают такой значительной величиной энергии, что они преодолевают узы, притягивающие их к ядру, отрываются от него и покидают атом, то есть происходит радиоактивный распад. (Сразу же ответим на естественно возникающий вопрос о том, как происходит бета-распад, то есть выбрасывание ядром электронов, — ведь атомные ядра электронов не содержат. Все объясняется достаточно просто. В какой-то миг нейтрон, обладающий повышенной энергией, распадается на протон и электрон. Электрон вылетает из ядра, а протон остается. Поскольку при этом количество протонов в ядре возрастает на 1, на столько же увеличивается порядковый номер элемента при бета-распаде. Именно такова первооснова правила изменения порядкового номера элемента при радиоактивном распаде, с которым мы знакомимся в школе.)

Теперь многое становится понятным. Различие в скорости распада каких-либо двух радиоактивных изотопов объясняется неодинаковым содержанием «шустрых» нуклонов в ядрах этих изотопов: чем больше таких нуклонов, тем быстрее распадается радиоактивный элемент.

Нет сомнений, все сказанное точнее объясняет причину радиоактивности, чем невыразительные предположения о «громоздкости» ядер. Полагаю, что читатель вместе со мной испытывает чувство удовлетворения от того, что мы вырубили еще одну ступеньку в гранитной скале Знания. И тут, в самом апогее упоения достигнутым, мы слышим заданный тихим, но достаточно настойчивым и от этого явственно ехидным тоном вопрос:

— Позвольте, но ведь подобными «палатками» характеризуется каждый элемент периодической системы, каждый изотоп. Следовательно, у каждого элемента, каждого изотопа должно быть большее или меньшее относительное содержание, как вы говорите, «шустрых» нуклонов. Тогда каждый элемент, каждый изотоп должен — быстро ли, медленно ли — распадаться. Иными словами, каждый элемент, каждый изотоп должен быть радиоактивным! Но ведь это не так, ведь всем известно, что имеются — и, к счастью, их довольно много, около трехсот, — стабильные изотопы. И вообще, хорош был бы наш мир, если бы все элементы, из которых он состоит, оказались радиоактивными!

Последнее патетическое замечание окончательно сбрасывает нас с вырубленной ступеньки, на которой, казалось, мы достаточно прочно укрепились. Потирая ушибленные места, мы хотя и досадуем, но, в общем, понимаем справедливость происходящего: и впрямь, разве это дело, чтобы все — подумать только, все! — химические элементы были радиоактивными.

И вообще, похоже, что метод Лапласа только для него и был пригоден. А если мы не Лапласы?!

«Есть вещь одна — о ней упоминание запрещено…»

В славном полку гвардейцев-гасконцев можно было говорить обо всем. Следовало обходить, притом как можно тщательнее, лишь один предмет — нос. И все с пониманием относились к этому запрету: у отважнейшего из храбрых офицеров-гасконцев Сирано де Бержерака, тонкого лирического поэта и непостижимого по своему искусству фехтовальщика, означенная часть лица была слишком уж велика[5].

В 20—30-х годах нашего века в среде химиков также не возбранялись разговоры на любую тему. Но считалось не очень этичным касаться некоторых проблем: зачем вызывать у своих коллег чувство досады, и так известно, что, пытаясь решить эти проблемы, загубила свои лучшие годы не одна сотня химиков и их соратников — физиков и геологов. Проблемы эти, сформулированные кратко и пронумерованные с канцелярской дотошностью, укладываются в три вопроса:

1. Почему аргона в атмосфере в 1000 раз больше, чем остальных инертных газов, вместе взятых?

2. В периодической системе аргон (порядковый номер 18) стоит перед калием (порядковый номер 19). Однако атомная масса аргона (39,9) заметно больше, чем калия (39,1). Но ведь с повышением порядкового номера должна увеличиваться и атомная масса. Почему же все элементы подчиняются общему правилу, а пара аргон — калий ведет себя так вызывающе?

3. Почему у калия, вопреки твердо установленному правилу, преобладает изотоп с массовым числом 39, в то время как калий-40, то есть изотоп типа 4p, которого-то и должно быть больше всего, в природном калии содержится в совсем уж жалком количестве: 0,01 %?

Конечно, в то время эти вопросы задавались отнюдь не столь академически беспристрастно. Звучали в них и недоумение, и раздражение, и даже гнев. Поэтому… Впрочем, тут, пожалуй, без комментариев не обойтись.

Комментарий к проблеме 1.

Попробуем войти в круг забот тех исследователей, которые 40–50 лет назад ломали голову над перечисленными проблемами. Представим себе хотя бы одного из этих ученых. Представим, как он, сидя ночами, в который раз пытается отыскать хоть сколько-нибудь приемлемое «потому» на «почему» первого вопроса:

— Ну хорошо, попытаюсь еще раз… Атому инертного газа тем

легче ускользнуть за пределы земного притяжения, чем меньше его масса. Следовательно, меньше всего в атмосфере должно быть гелия — его и впрямь очень немного, — а больше всего в воздухе должно было бы содержаться тяжелого ксенона. Но тут-то и происходит накладка: ксенона в атмосфере содержится во много-много раз меньше, чем аргона.

Тогда, может быть, наоборот? Может быть, по какой-то неведомой причине кинетическая энергия атомов ксенона наибольшая и поэтому этот элемент легче всего покидает атмосферу? Но тогда больше всего в атмосфере должно быть самого легкого газа — гелия. Но и это не так. Больше всего аргона, этого проклятого аргона.

Возможно, содержание инертного газа в атмосфере зависит от какого-либо источника, содержащегося в породах и минералах? Но тогда гелий, безусловно, должен занимать абсолютно первое место, потому что этот элемент выделяется при радиоактивном распаде и полония, и радона, и тория, и урана, и других естественных радиоактивных элементов. А ведь больше всего аргона, этого проклятого аргона.

Но, может быть… А что, если… Ну, да ладно! А, пойду-ка я спать!

Комментарий к проблеме 2.

Тут тоже все непонятно. Хотя, может быть, непоследовательное изменение атомных масс аргона и калия есть исключение из общего правила? Не зря же придумали и очень ценят англичане поговорку: «Каждое уважающее себя правило должно иметь исключения». Но почему исключения приходятся именно на пару аргон — калий? И в чем причина этого исключения? И вообще этак любую загадку природы можно объявить исключением и успокоиться на этом. Нет, не подходит в данном случае нам английская мудрость!

Комментарий к проблеме 3.

А чего здесь комментировать, когда и так все непонятно!

Из приключенческих романов известно, что детектив только тогда добивается успеха, когда уясняет, что насморк проживающей в Лионе тетушки Мирабель, скоропалительная женитьба ее племянника Виктора на приехавшей учиться в Сорбонну наследнице лихтенштейнского престола, неожиданный выигрыш кобылой Айо Большого Рождественского Приза и небывалый по размерам пожар на верфях Сен-Марино — все это тесно связанные друг с другом события, которые и привели к смерти владельца верфей господина Браззака. Обязательное умение связывать друг с другом разрозненные и, казалось бы, не имеющие никакой взаимосвязи факты также относится к числу

непременных талантов, которыми должен быть наделен настоящий ученый.

Да, хорошо было известно, что еще в 1906 году Кэмпбелл и Вуд, поместив соединения калия в ионоскоп (прибор для фиксирования радиоактивного излучения), обнаружили хоть и слабую, но несомненную радиоактивность. Известно-то известно, но внимания на это не обратили. И то сказать — в том «доисторическом» по технической оснащенности методов измерения ионизирующего излучения 1906 году радиоактивность, говорят, обнаруживали даже в дистиллированной воле! Л потом, как может быть радиоактивным элемент, находящийся в середине, почти что в начале менделеевской таблицы?!

А если бы калий даже и оказался радиоактивным, то каким образом, скажите, пожалуйста, при радиоактивном распаде из него мог образоваться аргон? Предположим, этот радиоактивный калий испускает альфа-лучи. При выбрасывании альфа-частицы порядковый номер элемента уменьшается на 2, следовательно, при этом типе распада должен был бы образоваться хлор, но никак не аргон. Если же калий обладает бета-радиоактивностью, то и тут никакого аргона не предвидится, потому при бета-распаде порядковый номер элемента увеличивается на единицу, то есть из калия должен был бы образоваться кальций. Нет, радиоактивностью калиево-аргоновую аномалию не объяснишь. С таким же успехом можно было бы объяснить все это влиянием солнечных затмений или противостояниями Марса. Нет, коллега, ваша мысль о радиоактивности очень неудачна.

Приблизительно такие ушаты скептицизма выливались на исследователей, которые отстаивали радиогенное происхождение (то есть образование в результате радиоактивных превращений) аргона. Однако если бы развитие науки шло по предначертаниям скептиков, можно не сомневаться, что человечество сейчас в лучшем случае только-только влезало бы в бронзовый век, а в худшем — еще раскачивалось бы на деревьях, цепляясь за ветви хвостами. Все перечисленные аномалии действительно были связаны с радиоактивностью калия.

Собственно говоря, радиоактивным оказался не весь калий, а лишь один из его изотопов, калий-40, тот самый, что примешан к «главному» изотопу калий-39 в количестве одной сотой доли процента. Самым же интересным в этой истории была та разновидность радиоактивного распада, которому подвергался калий-40. Этот тип радиоактивности очень напоминал воплощение в масштабах микромира гипотезы о падении на Землю в отдаленные геологические эпохи второго спутника

нашей планеты (некоторые ученые считают, что Тихий океан — это впадина, образовавшаяся от падения второй Луны). Так и здесь: один из электронов, вращающихся на ближайшей к ядру калия-40 орбите, в какой-то момент захватывается ядром. Разумеется, никакой впадины при этом не возникает, но определенный ущерб ядро претерпевает: электрон немедленно вступает во взаимодействие с одним из протонов ядра. При этом по закону, хорошо известному физикам, протон превращается в нейтральную частицу — нейтрон. Поскольку массы протона и нейтрона, можно сказать, не различаются, то такое превращение не изменяет массы атома и сама катастрофа в значительной степени является, так сказать, «семейным» внутриатомным делом. Вестник, сообщающий внешнему миру о трагедии, — квант энергии, выбрасываемый ядром при захвате электрона.

Впрочем, и без вестника видно, что произошли серьезные события. Количество протонов уменьшилось на единицу. А раз так, то уменьшился на единицу и порядковый номер элемента; иными словами, калий (№ 19) превратился в аргон (№ 18). Это обстоятельство единым махом решает все три аргоново-калиевые проблемы.

Громадное — по сравнению с иными инертными газами — содержание аргона в атмосфере объясняется тем, что его непрерывным поставщиком служит находящийся в земной коре калий. В роли поставщика аргона выступает лишь калий-40, примешанный к «основному» калию в ничтожном количестве, однако самого калия, входящего в компанию элементов-гигантов, в земной коре так много, что в атмосферу ежедневно выбрасывается 500 тонн аргона. Этого количества с лихвой хватает для объяснения аномально… хотя нет, теперь уже следует сказать — нормально большого содержания аргона в атмосфере нашей планеты.

Становится совершенно понятной и «перестановка» с атомными массами. Основной изотоп природного калия имеет массовое число 39. Поэтому и атомная масса калия близка к 39. Аргон же — недаром его порядковый номер меньший, чем у калия, — образуется из калия-40, поэтому и имеет такую же атомную массу, как его «родитель». Таково — очевидное! — решение проблемы 2.

Столь же убедительно мы расправляемся и с третьей проблемой. Легко подсчитать, что в далекое время возникновения нашей планеты калий был совершенно нормальным 4р-ным элементом: безусловно, преобладающим его изотопом был изотоп с массовым числом 40, тот самый изотоп, который за миллиарды лет существования планеты успел из-за своей радиоактивности

почти полностью вымереть. Для нас калий-40 — это свидетель отдаленных геологических периодов жизни нашей планеты, еще более далеких, чем те периоды, от которых нам остались папоротники или гигантские секвойи. Будем же дорожить знакомством с этим почтенным и заслуженным реликтом!

Заголовок следует понимать буквально. Ни о каких параллелях с фокусниками, с помощью ручных пассов сотворяющими из воздуха прекрасных дев в расшитых золотом шароварах, здесь речи быть не может.

Элементы из воздуха

Давно известно, что самое трудное — начать. Калий и стал тем самым началом, которое было особенно трудным. Еще бы, появился естественный радиоактивный элемент, стоящий не в конце периодической системы, а в ее середине, точнее — в начале середины, а если быть совсем точным, то в конце начала периодической системы. Игра в слова? Как мы убедимся далее, совсем не игра.

Раз один из нетяжелых элементов может быть радиоактивным, то почему бы не обладать естественной радиоактивностью и другим элементам начала и середины периодической системы? Тем более, что общие законы строения атомного ядра не только не запрещают этого, а искренне и, можно сказать, дружелюбно предлагают.

…Не так давно в одном из журналов были приведены результаты достаточно широкого анкетного опроса поступающих в высшие учебные заведения. Много вопросов, интересных для новой и, судя по всему, важной и увлекательной науки социологии, содержала эта анкета, но нас в данном случае интересует один: мотивы выбора профессии. Так вот, свыше 90 % тех, кто подавал документы на геологические и географические факультеты, в качестве мотива назвали любовь к путешествиям. При этом многие из будущих Ферсманов и Пржевальских не скрывали своего жалостливого отношения к представителям «сидячих», комнатных профессий. К таковым абитуриенты в первую очередь относили архивистов и химиков.

Так вот, я знаком с несколькими химиками, которым доводилось совершать такие служебные командировки, каким позавидовал бы и Лаперуз. Так, например, группа химиков в марте 1961 года на судне «Михайло Ломоносов» вышла из Одессы и, пройдя через Средиземное море, вышла в Атлантический океан, достигла 30° южной широты, а затем вернулась в Калининград.

На протяжении всего рейса химики старательно вели анализ воздуха. Однако их интересовали отнюдь не традиционные компоненты атмосферы — азот, кислород, углекислый газ, инертные газы. Речь шла о совсем других элементах.

Мировое пространство пронизано мчащимися с громадной скоростью, лишь немногим уступающей скорости света, протонами, ядрами некоторых легких химических элементов, электронами. Именно таков состав лучей, которые уже давно получили название космических. Нет ничего удивительного, что,

встретив на своем пути Землю, эти лучи вызывают громадные разрушения в естественном щите планеты — земной атмосфере. Да, конечно, обладая исключительно высокой энергией, космические лучи не только ионизируют молекулы газов воздуха, но и разбивают, можно сказать, на осколки атомы газов, входящих в состав атмосферы. Познакомимся с одним из таких процессов. «Главный» газ воздуха, как известно, азот, которого в атмосфере больше всего; именно поэтому основные события по части взаимодействия с космическими лучами происходят именно с этим элементом.

Итак, летящий в когорте других частиц, которые составляют ноток космических лучей, протон с колоссальной скоростью подходит к Земле. Первые километры еще совсем разреженной атмосферы он проходит беспрепятственно: редкие молекулы, встречающиеся на его пути, протону не помеха. И вот где-то приблизительно на высоте 30 километров над уровнем моря протон наконец попадает в цель — атом азота. Последствия этого столкновения можно кратко и, по-моему, достаточно выразительно определить одним словом: «вдребезги». А как еще назвать процесс, в результате которого при столкновении азота и водорода (ведь протон — это ядро атома водорода) образуются два атома гелия и атом бериллия:

$$\mathbf{N + H = 2He + Be.}$$

Проверим, как сходятся «дебет» и «кредит» этой реакции. Вначале сведем «сальдо» с порядковыми номерами. Сумма порядковых номеров в новой части уравнения составляет 8 (азот-7 и водород-1); справа — та же величина, так как порядковый номер бериллия 4, а дважды два (порядковый номер гелия) также равно 4 (арифметика достаточно убедительная).

Сведение же баланса по массовым числам приводит к довольно интересным выводам. Сумма массовых чисел элементов, вступающих в реакцию, равна 15 (азот-14 + водород-1). Справа, разумеется, должны быть те же 15. Из них 8 единиц приходится на долю гелия (2х4), стало быть, бериллий должен иметь массовое число 7.

Итак, мы выяснили, что при космической катастрофе образуются гелий и изотоп бериллия с массовым числом 7. И тут должен вмешаться дотошный читатель.

«Не очень хорошо получается, — скажет читатель. — Вот справочник, а в нем написано, что бериллий состоит только из одного-единствен-ного изотопа с массовым числом 9. Что-то не

припомню такого изотопа бериллий-7».

«Вы и правы и неправы, — отвечу я. — Действительно, известен лишь один *стабильный* изотоп бериллия. Но разве я говорил, что при нашем ядерном процессе образуется *стабильный* бериллий? Бериллий-7, который образовался в атмосфере из азота, не стабильный, а *радиоактивный* изотоп этого элемента».

Радиоактивный изотоп бериллия, конечно же, должен быть отнесен к естественным. Он ведь образовался на нашей планете помимо деятельности человека. Поток космических лучей непрерывен и, как полагают астрономы, постоянен. Поэтому бериллий-7 образовывался на Земле задолго до того, как на ней появился человек, и будет образовываться до тех пор, пока у нашей планеты есть еще атмосфера, содержащая по крайней мере азот.

Как видим, появился еще один естественный радиоактивный элемент, гораздо более легкий, чем калий. Что ж, пока все идет в полном соответствии с прогнозами о принципиальной возможности проявления радиоактивных свойств *любым* химическим элементом.

Чтобы сразу покончить с этой проблемой — независимости появления радиоактивных свойств от положения элемента в периодической системе, — обращусь к элементу, легче которого быть уже не может: к водороду.

«Шутите! — скажет иной из читателей-скептиков. — Вот уж кто не может быть радиоактивным, так это водород. Ведь в состав его ядра входит один протон. Что же ему, сироте, выбрасывать? Этот один-одинешенек протон? А что тогда останется, что будет выступать в качестве продукта распада? И вообще, не напоминает ли предположение о возможной радиоактивности водорода известную песню, завершающуюся словами: «Если это плов, то где же кошка, если это кошка, то где же плов?»

Песня действительно хороша, особенно в исполнении Рашида Бейбутова. Но кто сказал, что утверждение о радиоактивности элемента № 1, водорода, — это «предположение», да еще «возможное»? Впрочем, к чему вопросы, к чему восклицания? Обратимся к физике.

Околосветовой (то есть летящий со скоростью, близкой к скорости света) протон, сталкиваясь с атомами атмосферных газов, может вышибить из них и нейтроны, которые, в свою очередь, будут обладать энергией, достаточной для того, чтобы прошла реакция взаимодействия нейтронов с азотом: $N + n = C + H$.

Баланс по зарядам ядер проводить нет нужды: и так ясно, что и справа и слева — по 7 ($7+0 = 6+1$). Но вот расчет массовых

чисел участников этой реакции, как и в прошлый раз, приведет к любопытным результатам. Составим уравнение с «иксом», по сложности, впрочем, не превышающее те уравнения, что нынче без труда решают первоклассники: $14+1 = 12+ x$, где x — массовое число водорода. Находим: $x=3$. Но позвольте, это же какой-то водородный мастодонт, так сказать, сверхтяжелый водород! Насчет «мастодонта» настаивать не буду — термин этот, надо сказать, не очень химический, — а вот что касается сверхтяжелого, то мы тут попали в самую точку, потому что изотоп водорода с массовым числом 3 именно так и называется сверхтяжелым водородом. А еще его называют тритием.

Перегруженность нейтронами не проходит сверхтяжелому водороду даром. Один из нейтронов рано или поздно выбрасывает электрон, превращаясь в протон и переводя тем самым элемент № 1 в элемент № 2. Выбрасывание же электрона есть не что иное, как бета-распад. Поэтому тритий, самый настоящий радиоактивный и, что самое важное, *естественный* радиоактивный изотоп водорода, откроет список естественных радиоактивных элементов.

Дальнейший рассказ о том, как космические лучи превращают атмосферные газы в естественные радиоактивные изотопы легких элементов (помимо водорода и бериллия, здесь пришлось бы перечислить еще и углерод, и натрий, и кремний и т. п.), будет уже содержать лишенные особой новизны подробности.

Впрочем, и так ясно, что обладающие исключительно высокой энергией частицы космического излучения могут выполнить достаточно серьезную работу.

Впрочем, хотя бы немного, но об одном из этих легких радиоактивных элементов, об углероде-14, надо поговорить.

В атмосфере содержится углекислый газ. Растения днем поглощают углекислый газ, а ночью выдыхают его. Поэтому происходит непрерывный обмен углекислотой между растениями и атмосферой. Утверждение — из числа общеизвестных, но вспомнить о нем необходимо.

Теперь вторая сторона вопроса. Уже несколько миллионов, а может быть, даже десятков миллионов лет состав атмосферы постоянен. Постоянен и уровень космического излучения. Поэтому постоянным будет и количество радиоактивных элементов, образующихся в атмосфере.

Третья сторона. Радиоактивный углерод образуется в верхних слоях атмосферы и перемешивается с «обычной» углекислотой воздуха.

Поэтому атмосферная углекислота нашей планеты

характеризуется постоянным содержанием радиоактивного углерода.

Четвертая сторона. Растения ассимилируют углекислый газ, и, следовательно, он переходит в растительные организмы, а так как идет непрерывный обмен углекислотой между воздухом и растениями, то во всей земной флоре устанавливается такое же относительное содержание радиоактивного углерода, как и в воздухе.

Пятая сторона. Животные питаются растениями. Даже если какой-то из представителей фауны — убежденный противник вегетарианской диеты, то он харчуется животными-вегетарианцами. Поэтому радиоуглерод попадает и в организм животных.

И становится ясным, что все живое на Земле — от инфузории до слона, включая в этот промежуток енота, попугая ара, человека и королевского питона, — содержит радиоактивный изотоп углерод-14.

Сторона шестая. Если организм погибает, то прекращается обмен с окружающей средой. И поэтому в органических остатках количественное содержание радиоактивного углерода начинает уменьшаться — этот изотоп распадается наполовину за 5,5 тысячи лет.

Сторона седьмая. Определяя относительное содержание радиоактивного углерода в органических остатках (а измерения радиоактивности, как правило, очень точны и чувствительны), можно, как правило, установить время, когда погибло то или иное растение и животное. Вот почему археологи так радостно взяли на вооружение радиоуглеродный метод: еще бы, они узнали с неслыханной ранее для историков достоверностью и то, в каком веке до нашей эры носили американские аборигены найденные в раскопках сандалии, и когда была сработана погребальная ладья фараона Сезостриса III, и даже когда были написаны кожаные свитки, тексты которых впоследствии были положены в основу Библии. Но об этом пусть и очень интересном применении радиоуглерода здесь рассказывать не место.

Как видим, у радиоуглеродной проблемы столько сторон, что и не понять, какую они образуют фигуру. Оставим размышлять над этим геометров, а сами пойдем дальше.

Геофизики хорошо знают, что плотность силовых линий магнитного поля наиболее высока в районе магнитных полюсов Земли, наименьшая же — в экваториальных областях. Замечание отнюдь не случайное, потому что заряженные частицы космических лучей, приближаясь к нашей планете, начинают перемещаться вдоль линий магнитного поля. Вот отчего

концентрация радиоизотопов в воздухе будет различной в различных географических широтах. Рейс «Михайлы Ломоносова», о котором упоминалось ранее, как раз и должен был установить зависимость между радиоактивностью атмосферы и широтой и тем самым подтвердить теорию возникновения естественных радиоактивных элементов в атмосфере.

Стоит ли говорить, что с задачей своей он справился полностью. Иначе этот параграф и не был бы написан.

Долгий век тория и бабочки-однодневки

Если бы мы постоянно закрашивали, скажем, красной краской те клетки таблицы Менделеева, где обнаружено хотя бы по одному естественному радиоактивному изотопу, то, дойдя до этого места книги, мы обнаружили бы, что красной краской покрыты «края» таблицы — начало и конец. Что ж, примемся за середину.

Краски нам потребуется очень много. Пока лишь у единичных элементов середины периодической системы не обнаружены естественные радиоактивные изотопы. «Пока» — здесь очень емкое слово, потому что имеются все основания ожидать, что, *пока* книга выйдет из печати, придется закрашивать и эти немногие оставшиеся «нерадиоактивными» клетки.

Прежде всего надо ответить на очевидный вопрос: как случилось, что радиоактивные свойства тяжелых элементов были открыты давно, а о естественной радиоактивности подавляющего большинства легких и срединных химических элементов узнали лишь недавно?

Ответ дать легко, и нужды нет доказывать, что легкость эта далась ценой в высшей степени кропотливых экспериментов, обставленных технически с той тщательностью, которая граничит с виртуозностью. Ответ — вот он: все дело в периодах полураспада.

При изучении радиоактивности тяжелых элементов химикам и физикам приходилось иметь дело с «умеренными» периодами полураспада. Этот эпитет относится и к радию, который распадается наполовину за 1600 лет, и к урану-238, период полураспада которого 4,5 миллиарда лет, и даже к торию, который «срабатывается» наполовину за 14 миллиардов лет. Да, по меркам специалистов в области радиоактивности полтора десятка миллиардов лет — срок умеренный.

Периоды полураспада большинства естественных радиоактивных элементов, находящихся в середине таблицы Менделеева, таковы, что могли бы служить великолепной иллюстрацией к разделам книг по занимательной математике, которые повествуют о сверхбольших числах.

Имена этим числам еще не придуманы. Скажу только, что встретить периоды полураспада в 10^{17}, 10^{18} и даже 10^{21} лет там не редкость. Что это такое, можно понять разве только из примера.

Примером будет служить самый «короткоживущий» из этих изотопов — олово-124, период полураспада которого всего 210^{17}

лет.

Если взять килограмм олова, то в результате радиоактивного распада за один час в нем будет появляться две бета-частицы. Всего две.

Вот и попробуйте их обнаружить. Попробуйте, если за счет присутствия естественных радиоактивных элементов только в мышцах вашей руки распадается в десятки тысяч раз больше радиоактивных атомов. Попробуйте, если килограмм олова способен поглотить и не допустить к счетчику излучения не какие-то две несчастные бета-частицы, а миллионы. Попробуйте, если даже воздух за счет находящихся там радиоактивных элементов дает в районе счетчика тысячи распадов.

И тем не менее попробовали — и удалось. Хотя нет, плохое в данном случае это слово, наводящее на мысль об удаче. Удача необходима для игры в спортлото. Здесь же, в эксперименте, все решают умение и труд. А эти два существительных помогали решить и не такие проблемы[6].

Не приходится сомневаться, что радиоактивность — такое же общее свойство материи, как, скажем, масса.

Да, любой химический элемент радиоактивен. Каждый атом рано или поздно распадается. Можно было бы по этому поводу поморализировать: ничто, дескать, не вечно под луной. Но поговорка эта здесь как раз «не работает». Потому что иные из элементов хотя и распадаются, но так медленно, что, пока элемент покончит свои счеты с жизнью, исчезнет сама Луна — то ли ее растащут на стройматериалы, то ли она рассыплется от ветхости.

Для нас факт всеобщей радиоактивности важен по другим причинам. Считалось раньше, что представления о непременной изменчивости мира распространяются только на живую, органическую природу. Теперь же мы видим, что эта изменчивость действительно всеобщая. И было бы в высшей степени странно, если бы такой общности не наблюдалось. Это означало бы, что между живой и неживой природой стоит барьер, преодолеть который никогда и ни при каких условиях невозможно. Л раз так, то не могло живое вещество возникнуть из неживого. Следовательно, происхождение жизни — не самопроизвольное возникновение белковой молекулы, а стало возможным лишь в результате чьего-то постороннего вмешательства. Вот ведь до чего договорились.

Итак, весь материальный мир находится в состоянии непрерывной изменчивости. Вот только скорость различных процессов, которые ведут к изменению мира, существенно разнится. Вводя разнообразные системы классификаций,

раскладывая наблюдающиеся в природе явления по полочкам научных терминов и представлений, человек вольно или невольно исходит из своего мироощущения, из своего удобства, наконец. Человек различает четыре времени года, и со своей точки зрения, бесспорно, прав. Бабочка-однодневка же считает, что в мире стоит всегда — понимаете, *всегда* — одинаково ровная температура плюс 16 градусов, и столь же непререкаемо права. С точки зрения человека, и материки стоят на месте, и горы неизменны по своей высоте. Увлекающийся же астрономией подросток четырнадцати с половиной тысяч лет от роду, что проживает на одной из планет далекой-далекой звезды, наблюдает в какой-то там свой прибор Землю и поражается: а все-таки быстро передвигаются на этой планете материки!

Время — назад!

Период полураспада радиоактивного изотопа не может быть изменен никакими внешними воздействиями, поскольку они, эти воздействия, по своей энергии значительно меньше, чем энергия межядерного взаимодействия. Поэтому период полураспада может быть отнесен к числу основных характеристик изотопа». Сказано очень сухо и, согласимся, не очень понятно. Но в формулировках академических изданий «лить воду» не принято (хотя и случается, увы), а что касается доходчивости, то эти издания предназначены для посвященных. Но зато сколько же за этими пусть и не очень понятными словами лежит труда!

Прежде чем прийти к выводу, содержащемуся в цитате, радиоактивные элементы подвергали чудовищному давлению — такому, когда сжимаемое вещество и на себя-то перестает походить; нагревали, если здесь только подходит такое элегическое определение к процессу, при котором радиоактивный металл плавится, а затем кипит, причем образующиеся пары раскаляют еще на две тысячи градусов выше температуры кипения. Все было напрасно — скорость радиоактивного распада оставалась неизменной. Понять это легко (потом понимать всегда легче): величина энергии, которая определяет течение процессов распада атомного ядра, неизмеримо выше, чем энергия, которая доставляется атому нагреванием вещества до каких-то жалких трех-четырех тысяч градусов.

Сейчас трудно установить, кого первого осенила счастливая мысль использовать постоянство скорости радиоактивного распада для создания радиоактивных часов. Можно полагать, что, как это часто бывает, до идеи радиоактивных часов одновременно додумались несколько ученых.

Рисунок, который сейчас перед вами, предельно правильно передает идею радиоактивных часов. Нет, конечно, время с помощью этих часов не определяют буквально так, как изображено на рисунке. А в остальном все сходится. Ведь из урана в самом деле «сыплется» свинец: известно, что уран, проходит несколько стадий, в каждой из которых он выбрасывает альфа-частицу и превращается в конце концов в стабильный (с той степенью приближения, с какой можно применять это слово) свинец. Количество свинца, которое образуется при распаде урана за определенный отрезок времени (год, столетие, миллион лет), строго постоянно. Вот и все вводные положения.

…Когда-то — специально не говорю, когда именно, — в результате достаточно сложных геохимических процессов

образовался один из довольно многочисленных урановых минералов. Много позже, когда на Земле возникнет жизнь, которая в конце концов приведет к появлению геологов и геохимиков, этот минерал будет назван уранитом. Допустим, что все время тот образец минерала, о котором идет речь, начиная со своего рождения, находился в очень благоприятных условиях: вода его не размывала, ветер не разрушал и землетрясения ему никакого ущерба не причинили. Но, несмотря на это, минерал изменялся. С каждым днем — нет, не та единица измерения! — с каждым тысячелетием в минерале уменьшалось количество урана, но зато повышалось содержание свинца. Однако минерал лежал и дожидался, когда наступит его день. День наступил, минерал был извлечен из своего убежища и доставлен в лабораторию химиков. Те, вместо того чтобы любоваться красивой находкой — каждый минерал красив по-своему, — растворили его в едких реактивах, а затем сноровисто провели анализ раствора и определили, сколько в минерале было свинца, а сколько урана. На этом их миссия была закончена, и они передали результаты анализа геологу, который принялся изучать их с живейшим интересом.

Геолога можно понять. По результатам химического анализа он совершенно определенно может рассчитать, когда именно сложился этот образец уранита — ведь так важно знать возраст каждого из участков земной коры! Найдя по данным анализа отношение свинца к урану, геолог уверенно утверждает: этот минерал образовался 270 миллионов лет назад.

Как видим, уран, распадаясь, послушно и с регулярностью, недоступной даже лучшим из заводских хронометров, отсчитывал время рождения минерала, следовательно — и того участка земной коры, где был найден наш образец уранита. Чем же не часы? Конечно, на свидание с девушкой с такими часами не поспешишь — можно и опоздать. Но для свидания с прошлым — и каким далеким! — лучше этих часов ничего не придумаешь.

Вовсе не обязательно, чтобы геологические радиоактивные часы работали именно на урановой пружине. Ведь уран, как очевидно, не единственный радиоактивный элемент, соотношение которого с продуктами его распада может быть использовано для датировки различных геологических событий. Поэтому в геохронологии (а именно так и называется датировка по радиоактивным часам) с таким же успехом используют пары торий — свинец, уран — гелий, торий — гелий, калий — аргон.

Первым относительно времени происхождения нашей планеты высказался Ветхий завет. Там сказано хотя кратко, но зато категорично, что Земля, как и весь остальной мир, была

сотворена за 4004 года до рождества Христова.

Подправил священную книгу архиепископ Иероним, который уверял, что торжественное событие сотворения Земли произошло не за 4004, а за 3941 год до того, как в заброшенных яслях появился на свет младенец Иисус.

Епископ антиохийский Феофил не мог согласиться с коллегой Иеронимом: с горячностью, явно несовместимой с саном, его преосвященство утверждал, что Земля гораздо старше: всевышний сотворил ее за 5515 лет до того события, в честь которого празднуется рождество.

И все же Августин Блаженный уточнил преподобного Феофила, заметив, что наша планета на 36 лет старше, чем считает его преосвященство.

Но окончательно все уточнил английский архиепископ Асшер, который еще в XVII веке вычислил, что Земля создана в 9 часов утра 26 октября за 4004 года до появления на свет младенца Иисуса. Как видим, у архиепископа не было серьезных расхождений с Ветхим заветом, но каковы были предпосылки, с помощью которых его высокопреосвященство определил с такой точностью время возникновения Земли, этого мы, конечно, уже никогда не узнаем. Надо полагать, что предпосылки эти были достаточно серьезны и основательны, — не верить же злым языкам, которые утверждали, что 26 октября это был день ангела архиепископа, который пожелал его таким образом увековечить.

Первая действительно научная попытка оценить возраст нашей планеты была предпринята во второй половине прошлого века виднейшим английским физиком Вильямом Томсоном (лордом Кельвином). Предположив, что в начале своего существования Земля представляла собой расплавленный шар, и зная размеры этого шара, Томсон рассчитал, сколько времени должно было пройти, чтобы этот шар остыл до нынешней температуры. Вышло 24 миллиона лет. Это было уже намного больше, чем «ветхозаветные» несколько тысяч лет, но все равно не устраивало геологов — они были уверены, что история планеты гораздо более солидная, чем выходило по расчетам Томсона.

И геологи вознамерились определить возраст Земли своим, чисто геологическим путем.

Геологи решили сыграть на солености морей и океанов. Уж они-то наверняка знали, что моря соленые не оттого, что в них селедки плавают, а потому, что реки увлекают в Мировой океан минеральные соли, вымывая их из различных горных пород. Концентрация солей в водах рек была известна. Соленость океанской воды, конечно же, определили давно. Дальше следовало прикинуть годовой сток речной и общий объем

океанской воды. А раз известно, сколько солей находится в Мировом океане и сколько ежегодно пост\'пает туда из рек, то, поделив первую величину на вторую, можно получить… нет, не возраст Земли, но, по крайней мере, указание, когда на планете образовались реки, моря и океаны. Вышло что-то между тремя стами миллионами и полутора миллиардами лет. Это были уже более правдоподобные величины. Но ведь какая неопределенность! В самом деле, были бы вы довольны, если бы диктор Центрального телевидения объявил: «Встреча по хоккею между сборными командами СССР и Чехословакии будет транслироваться сегодня. Начало передачи между 9 и 20 часами»?

Не приходится сомневаться, что геологи и поныне были бы преисполнены сомнений и колебаний относительно возраста Земли, не будь открыта радиоактивность. И вот в 40-х годах была проведена первая «наладка» радиоактивных часов. Теперь геологи стояли на Земле куда более уверенно, чем прежде!

Ход рассуждения геологов был очевидным: весьма вероятно, что возраст земной коры и планеты в целом не очень разнится. Поэтому необходимо определить возраст как можно большего числа различных пород и минералов. Самый древний из них и будет максимально приближаться к возрасту Земли.

Началась кропотливая работа. В геохронологические лаборатории доставлялись образцы из различных горных районов планеты, из глубинных шахт, со дна морей и океанов. В каждом из этих образцов тщательно определялось соотношение радиоактивного элемента и продукта его распада, и это позволило узнать, что…

…Что возраст гранитов может быть самым различным. Бывают среди гранитов младенцы ясельного возраста, которые едва насчитывают 200 миллионов лет, попадаются и зрелые мужи возрастом около миллиарда лет, а отдельные находки обнаруживали все признаки дряхлости — им было больше 2 миллиардов лет.

…Что встречаются породы (например, гнейсы), возраст которых приближается к 3 миллиардам лет.

…Что попадаются образцы, возраст которых явно больше 3 миллиардов.

…Что можно отыскать уже совершеннейших «мафусаилов» земных недр — возрастом 4,0 миллиарда лет от роду.

Теперь можно было утверждать с полной категоричностью, что возраст планеты не меньше 4,5 миллиарда лет. Не меньше… А сколько в действительности? Пять, семь или, быть может, все десять? Ведь имелись основания подозревать, что земная кора за время существования планеты могла, причем неоднократно,

изменить свой состав. Не случайно один из видных геологов заметил, что первичная кора Земли была перемолота на мельнице Нептуна и переплавлена в кузнице Вулкана. Да, действительно, моря, землетрясения и извержения вулканов могли здорово повлиять на химический состав поверхностного слоя Земли. Могли… Но повлияли ли?

Достаточно определенно ответили на этот вопрос метеориты, которые…

«Позвольте, — снова вступит наш старый знакомый оппонент, — при чем здесь метеориты? Ведь речь идет о возрасте Земли, а метеориты — они ведь неземные объекты. Не случайно их красиво и волнующе называют «пришельцы из космоса»!»

Но метеориты как раз «при чем». Потому что у геологов и у их коллег астрономов имелись веские основания предполагать, что наша планета и «небесные странники» метеориты возникли в одно время.

Это просто удивительно, до чего различные метеориты, найденные в разных местах и в разное время, оказались близкими по возрасту! С ничтожной погрешностью, всего в каких-нибудь 100 миллионов лет, можно было утверждать, что все метеориты появились, так сказать, одновременно: 4,5 миллиарда лет назад, это и признали геологи за возраст Земли, точнее, срок, когда она сформировалась как планета.

Немного можно назвать научных открытий нашего века, которые так решительно повлияли бы на формирование материалистического мировоззрения, как определение возраста Земли и метеоритов. Ведь из факта совпадения возраста нашей планеты и метеорного вещества следовал вывод уже совершенно исключительный по важности: метеориты возникли тогда же, когда и остальные тела Солнечной системы. А это самый решающий аргумент в пользу предположения о том, что все планеты — «одногодки». Стало быть, вся Солнечная планетарная система возникла одновременно. А тогда… Но не будем спешить с обобщениями.

Острова стабильности в океане есть…

«Они стояли перед железнодорожной насыпью, по которой с бешеной скоростью несся экспресс Гавр — Смирна. Когда поезд промчался, старший повернулся к своему спутнику и спросил, цедя слова сквозь зубы:

— Джованни, ты обратил внимание на четвертое с конца окно седьмого вагона?

— Не считая купе проводника и окна… э… ретирады, эчленца?

— Конечно, не считая!

— Так точно, обратил внимание, эчленца!

— Кто там сидел?

— Мужчина, эчленца.

— Опиши внешность.

— Э-э-э… лет приблизительно сорока пяти, одет в черный с полосками костюм, в петлице гвоздика.

— Сорт?

— «Кровь Кармен». Галстук тоже черный, булавка с бриллиантом, каратов приблизительно на сорок. Разумеется, поддельный. В наружном кармане пиджака платок, почему-то цветной. В синий горошек. На столике газета. Судя по шрифту, «Бременский курьер». Пожалуй, все, эчленца.

— Подумай, Джованни, может быть, ты что-нибудь забыл?

— Да, эчленца: наш клиент плохо выбрит!»

Этот придуманный мною отрывок из ненаписанного приключенческого романа — не просто предлог развлечь читателя. Дело в том, что в тех научных исследованиях, о которых сейчас пойдет речь, ученым приходилось за время, пожалуй» еще более короткое, чем то, каким располагал феноменальный Джованни, подмечать гораздо больше подробностей.

Если бы я сегодня привел менделеевскую таблицу, завершающуюся 92-м элементом, ураном, то многие сочли бы это признаком безнадежного отставания от последних событий в науке. Хотя — какие это «последние» события! Ведь первый зауральный элемент был получен вот уже без малого сорок лет назад, в 1939 году. А сегодня таблица завершается 106-м элементом. Тем не менее и такая «короткая» таблица Менделеева имела бы смысл, если бы мы хотели представить в ней только те

элементы, которые найдены в природе, точнее — в земной коре.

Кто не знает, что заполнение зауранових клеток таблицы Менделеева произошло не потому, что были внезапно открыты месторождения нептуния, плутония и следующих за ними элементов.

Впервые в истории науки новые элементы не открывались, а получались.

Именно в конце 30-х годов зародилась, а затем блистательно развилась новая область химии — ядерный синтез. Ученые овладели искусством синтезировать новые химические элементы так же, как в свое время их предшественники научились синтезировать сложные органические и необычные неорганические соединения.

…Это в высшей степени интересная история обо всех драматических и захватывающих событиях, которыми сопровождалось рождение новых химических элементов. Но ей не место в этой книге, посвященной проблемам космохимии. Поэтому не без сожаления оставим физиков и химиков в их лабораториях, забот у них достает и без нас — они трудятся над заполнением новых клеток менделеевской таблицы. Мы же сразу обратимся к некоторым итогам вот уже почти сорокалетнего существования той химии, которую часто не без добродушной иронии, но и не без оснований называют «алхимической».

Когда ряд новых зауранових элементов стал уже достаточно протяженным, представилась возможность сопоставить скорости их распада. И тут стало понятным, что природа совсем не случайно — впрочем, повторим это: природа ничего и никогда не делает случайно — поставила уран у верхней *естественной* границы периодической системы.

Напомним, что период полураспада урана 4,5 миллиарда лет, по случайному совпадению — ровно столько, сколько времени существует Земля (на этот раз совпадение действительно случайное, потому что через миллиард лет наша планета будет насчитывать уже 5,5 миллиарда лет жизни, а период полураспада урана останется все гем же). А это означает, что сегодня на планете урана всего вдвое меньше того количества, каким она была наделена при рождении.

Перейдя урановую границу, элементы начинают катастрофически, именно катастрофически, «слабеть». Период полураспада 93-го элемента, нептуния, уже 2 миллиона лет, причем я выбрал самый долгоживущий изотоп этого элемента — остальные распадаются с куда большей скоростью.

Плутоний живет подольше, но и это время ничтожно по сравнению с жизнью урана — ничтожно коротко: наиболее

долгоживущий изотоп 94-го элемента имеет период полураспада примерно 75 миллионов лет. Число вроде бы внушающее уважение, но и оно (до чего же все-таки все относительно!) — миг по сравнению с возрастом Земли.

Дальше величины периодов полураспада как бы катятся вниз по очень крутой горке: только у 96-го элемента, кюрия, в величине периода полураспада появляется слово «миллион» (кюрий-247 распадается наполовину за 15 миллионов лет). Соседи кюрия слева (95-й элемент америций) и справа (97-й элемент берклий) — всего лишь подпоручики в этой табели о рангах, где генеральские звания присвоены торию и урану. Период полураспада 95-го и 97-го элементов — всего тысячи лет.

Но определение «всего» покажется явно несправедливым, если перейти к следующим зауранового элементам. Калифорний-249 (наиболее долгоживущий изотоп 98-го элемента) имеет период полураспада около 500 лет, и это единственный сержант в семействе зауранових, потому что дальше следуют… солдаты? Нет, солдат здесь немного: всего два зауранових элемента имеют периоды полураспада, выражающиеся в сутках: у эйнштейния (№ 99) в днях — 480 дней, у фермия (№ 100) тоже в днях — четыре с небольшим дня. Один элемент — менделеевий (№ 101) — может быть удостоен звания «суворовец»: у него период полураспада исчисляется часами (1,5 часа). А дальше счет идет на минуты; впрочем, всего для одного элемента, 102-го, может быть применена эта единица времени (период полураспада 3 минуты). Всюду далее будут применяться уже только секунды.

Именно при синтезе 104-го элемента, названного затем курчатовием и период полураспада которого 0,1 — одна десятая! — секунды, ученым под руководством академика Г. Н. Флерова пришлось проводить эксперименты, побудившие меня вспомнить диалог, с которого начинался раздел о зауранових элементах. Еще бы, за доли секунды химики успели не только отделить курчатовий от других радиоактивных элементов, образующихся вместе с ним, но и определить, что он первый из всех зауранових элементов принадлежит не III, а IV группе периодической системы, прикинуть температуру кипения соединения курчатовия с хлором, констатировать значительную схожесть курчатовия с его ближайшим соседом по группе элементов гафнием и установить еще десятки других деталей химии 104-го.

Все эти данные с полной определенностью поясняют, почему естественная граница периодической системы проходит через уран. 93-й и 94-й элементы, не говоря уж о более тяжелых,

попросту не сохранились. Как видим, время расправляется не только с биологическими видами, вымирают не только птеродактили и индрикотерии, не только споровые деревья и гигантские папоротники, но и химические элементы.

Сведения о продолжительности жизни зауарновых элементов, которые были только что сообщены, наводят на размышления, от которых так и веет здоровым скептицизмом: стоит ли биться над синтезом следующих зауарновых элементов, ведь совершенно очевидно, что дальше будет идти счет на сотые, тысячные, а там, глядишь, и миллионные доли секунды. Элемент, который живет одну миллионную секунды! Это же абсурд!

«Совершенно очевидно», «абсурд»… Подобная категоричность (а последняя, как известно, почти всегда соседствует с ограниченностью) несомненно проистекает из предпосылки, что периоды полураспада должны уменьшаться с увеличением порядкового номера синтетического тяжелого элемента.

Разумеется, если прибегнуть к приему, который в науке называется экстраполяцией, то не приходится сомневаться, что элементы с порядковыми номерами, большими, чем 105, и впрямь будут иметь периоды полураспада в тысячные, а затем и в миллионные доли секунды. Тут уж задумаешься: существует ли такой элемент или это скорее «неосязаемый чувствами звук».

Все это было бы правильным, если бы экстраполяция в науке, да и не только в науке, всегда оправдывалась. В связи с этим мне вспомнилась не лишенная достоверности. история о том, как новобранцу в английской армии офицер задает вопросы на сообразительность (тесты, как их сейчас называют):

— Джонсон, скажите, что это такое: один каблук, один носок, восемь дырочек и шнурок?

— Не могу знать, сэр!

— Болван, это башмак. Ну, а что такое два каблука, два носка, шестнадцать дырочек и пара шнурков?

— И этого не могу знать, сэр!

— О господи, мне, по-видимому, специально присылают таких отборных… сократов! Это два башмака! Ну ладно. Может быть, хотя бы сейчас скажете, что это: белые и черные клавиши, три ножки и черная доска?

— Три башмака, сэр!

Как видим, экстраполяция креп ко подвела беднягу Джонсона. Может экстраполяция подвести и в предсказывании величин периодов полураспада еще не полученных зауарновых элементов.

Посмотрите на картинку, что нарисована здесь, на этой странице. В общем-то, довольно заурядный пейзаж островков с пальмами. Похоже на широко распространенный жанр юмористических рисунков, где обыгрывается ситуация: человек на необитаемом острове. Ничего юмористического в той ситуации, о которой хотим сейчас рассказать, нет. А эти острова имеют самое непосредственное отношение к проблеме зауральных элементов.

Начать с того, что эти районы суши, окруженные водой, так и называются: «острова устойчивости» — термин, который сейчас в физике прочно завоевал право на гражданство. Не случайно рисунок окантован рамочкой, на которой изображены какие-то числа. Хотя почему «какие-то»? Ба, ведь это наши старые знакомые — «магические числа»! Да, рамка эта — координатные оси, одна из которых отвечает числу нейтронов, а другая — числу протонов в ядре атома. Если, как мы уже говорили, те ядра, которые состоят из «магических чисел» нуклонов (протонов и нейтронов) отличаются повышенной прочностью, то особая устойчивость должна быть присуща «дважды магическим» ядрам — тем, которые содержат «магические числа» и протонов и нейтронов. Вот эти ядра и называются островами устойчивости.

Организуем небольшую «географо»-физическую экспедицию, задачей которой будет раскрытие тайны возникновения островов устойчивости.

Не помню точно, где именно видел я один необычный рельефный глобус. Наряду со знакомыми очертаниями известных горных массивов на глобусе тянулись какие-то неведомые хребты с незнакомыми вершинами. Лишь потом, обратив внимание на области, где проходят эти необычные хребты, вы замечаете, что все они располагаются на дне морей и океанов. Именно так выглядит глобус, изображающий рельеф *всей* земной поверхности. Если бы сравнение не было таким мрачным, можно было бы сказать, что глобус этот изображает земной шар, из которого внезапно улетучилась вся вода.

Попробуем на короткое время «осушить» и наш рисунок с островами устойчивости. Что же получается? Как и следовало ожидать, острова превратились в вершины, расположенные вдоль «Хребта Устойчивости». Попробуем назвать эти вершины. Ломать, впрочем, голову над придумыванием названий не придется. Вот первая (на рисунке справа внизу) вершина «26–30», то есть 26 протонов и 30 нейтронов. Впрочем, можно было бы эту вершину окрестить более благозвучно: «Пик Железа», потому что элемент, в ядре атома которого 26 протонов, может быть только и только железом.

Пик Железа очень высокий, что, конечно же, удивлять не должно: в предыдущей главе мы столько говорили об устойчивости этого элемента.

Нас, впрочем, интересует последняя из изображенных на рисунке вершин «Хребта Устойчивости», — вершина «114–184». 114 протонов… Стало быть, 114-й элемент. А такой элемент, как знают все, еще не получен. Так что вершина эта пока не покорена. Вол ее того, мы не знаем точно высоты этой вершины. Подплыв к острову устойчивости и бросив пока якорь на точке с географическими координатами «106–162» (106-й элемент уже получен физиками), ученые могут констатировать, что вершина эта покрыта густыми облаками.

Интересно, что, несмотря на недоступность (будем надеяться, временную) «пика 114», многие свойства 114-го элемента известны очень хорошо. 114-й — весьма похожий по химическим свойствам на свинец, металл, располагающийся в IV группе периодической системы Менделеева. Он обладает высокой плотностью (почти такой же, как ртуть), сравнительно легко плавится (при 70°) и кипит (при 150°). Известно еще множество подробностей: размеры атома и ионов, энергия, которую требуется затратить, чтобы превратить атом в ион, теплота плавления, теплота парообразования и многое другое. Надеюсь, никто не заподозрит меня в мистификации: сказав, что 114-й элемент не получен, я привел столько «интимных» подробностей о нем, что можно подумать — этот элемент изучен в десятках лабораторий. Никакого чуда здесь, разумеется, нет. Менделеев более ста лет назад, основываясь на открытом им законе, предсказывал с удивительной точностью свойства многих не открытых еще к тому времени химических элементов.

Но знать, пусть с высокой степенью доскональности, свойства элемента — это одно, а вот получить элемент — совсем другое.

Арифметика возможных путей получения 114-го элемента совсем простая. Берут какую-либо мишень, то есть определенный элемент, и обстреливают его ионами другого элемента. При этом необходимо, чтобы порядковые номера мишени и снаряда в сумме давали 114. Комбинаций можно придумать сколько угодно: уран (92) + титан (22), плутоний (94) + кальций (20), торий (90) + хром (24) и т. д., причем ясно, что это «д» будет достаточно длинным.

Но, к сожалению, дело решает не только арифметика, но и множество других наук. Как известно, одноименные заряды отталкиваются. Нелегко поэтому заставить выступить в качестве заряда даже протон; для того чтобы он мог преодолеть отталкивающее действие ядра-мишени, надо его разогнать до

очень высокой скорости; собственно, для этого и придуманы различные ускорители. Но для того чтобы принудить выступить в роли атомного снаряда ядро с зарядом +20, нужна такая тяжелая артиллерия, какой физики далеко не всегда располагают. Кроме того, нужно еще столько благоприятных условий для осуществления стрельбы, что, в общем, и поныне проблема получения 114-го элемента остается проблемой. Да, не случайно корабль физиков дрейфует у острова устойчивости 114-го элемента, не имея пока возможности высадить экипаж.

Но, быть может, представится случай хотя бы прикинуть высоту окруженного облаками пика «114–184»? Может быть, физики смогут рассчитать период полураспада этого вожделенного элемента? Как известно, физики сейчас научились рассчитывать многое, а прикинуть, пожалуй, могут всё, даже наиболее вероятное время прилета на Землю корабля из скопления галактик в созвездии Северной Короны. Прикидка показала: период полураспада 114-го элемента должен быть не меньше миллиона (10^6) лет, но и, пожалуй, не больше миллиона миллиардов (10^{15}) лет.

Эта оценка времени жизни 114-го заставила встрепенуться многих охотников за новыми элементами. Да, если период полураспада этого элемента близок к нижнему пределу, то дело обстоит не очень весело — имеется лишь один путь взятия пика «114–184»: ядерная «алхимия». Но вот если более достоверным окажется верхний предел, то ведь это… это много больше периода полураспада урана и вообще в миллион раз превышает возраст нашей планеты. Тогда, чем не шутит… словом, тот, кому полагается шутить в подобных случаях, почему бы не попытаться поискать 114-й в земных породах и минералах?

К поискам 114-го в природе ученые (сознательно применяю этот неопределенный собирательный термин, так как изысканиями этого элемента занимались и физики, и химики, и геологи) приступили с большим энтузиазмом. Помимо важности проблемы и интереса, который она к себе вызывала, исследователей воодушевляло сознание того, что они могут отыскать 114-й даже в том случае, если один атом этого элемента затерян среди миллионов миллиардов атомов других «обычных элементов».

Лет пятнадцать назад я написал книгу «Девятый знак», посвященную проблеме изучения сверхмалых количеств вещества в химии. Впрочем, на рукописи, которую я отнес в издательство, стояло название гораздо менее выразительное и, как я теперь понимаю, в значительной мере выспреннее. Книгу окрестил тем названием, под которым она вышла в свет, Олег Николаевич

Писаржевский, один из наиболее выдающихся художников-популяризаторов в советской литературе. Прочтя рукопись, он поразился тому обстоятельству, что химики могут, причем довольно уверенно, изучать вещества, составляющие примеси порядка одной миллиардной доли процента (10^{-9}) — девятый знак после запятой. Сегодня название уже в значительной степени устарело. За полтора десятилетия химия преодолела рубежи еще нескольких десятичных знаков. Теперь книгу можно было бы назвать «Пятнадцатый знак». Да, такие ничтожные примеси, прячущиеся в пятнадцатом после запятой десятичном знаке, могут сегодня (правда, лишь в достаточно благоприятных случаях) изучать химики.

Имея верных и могущественных союзников — химиков, физики могли достаточно уверенно пуститься на поиски 114-го.

Охота за 114-м началась с поиска стеклянных изделий… прошлых веков. Нет, физиками руководило не стремление пополнить коллекции хрусталя, а чисто научные интересы. Вспомним, что 114-й — аналог свинца: 114-я клетка в менделеевской таблице располагается как раз под свинцом, поэтому по своим химическим свойствам 114-й должен более всего походить на свинец. По достаточно хорошо известным и многократно подтвержденным законам геохимии 114-й, если он, конечно, существует на Земле, должен в земной коре находиться вместе со свинцом. Таков был первый вывод ученых.

Продукты радиоактивного распада 114-го должны обладать большой энергией. Поэтому осколки его ядра, разлетаясь, оставят заметные следы разрушений в окружающем веществе. Таким был второй вывод.

Поскольку период полураспада 114-го весьма велик (а только в случае справедливости этого предположения имеет смысл организовывать его поиски), а само содержание его, конечно же, очень мало, иначе он давно был бы открыт обычными химическими методами, то в каком-то веществе, содержащем свинец, будет наблюдаться весьма незначительное количество распада атомов 114-го даже за весьма солидный промежуток времени. Это третий вывод.

Число и аргументированность выводов, как видим, достаточны для того, чтобы назвать адрес, вероятность проживания но которому 114-го наибольшая: старинные стекла. В прошлые века стекловары любили добавлять в стекла, особенно предназначенные для художественных изделий, окислы свинца. Чем почтеннее возраст стеклянного изделия, тем больше микроскопических следов разрушений должны были оставить в нем осколки распадов гипотетического 114-го элемента.

Не сомневаюсь, карта пути до Вест-Индии, которой, говорят, располагал Колумб, была куда менее подробна и определенна, чем лоция океана, в котором находится остров устойчивости 114-го. За чем же стало дело?

Метод работы был таков. Брался образец стекла и специальными составами подвергался травлению. Поверхность образцов рассматривалась под микроскопом. Следы распада 114-го должны были представлять пучок расходящихся линий — пути движения осколков ядра. И такие следы были обнаружены во многих образцах. Например, в одном кубическом сантиметре хрустальной вазы XVIII века содержалось 120 следов распада (преклоним колени перед мужеством хозяина вазы, отдавшего ее на потребу науки, и перед отвагой физика-экспериментатора, занесшего руку с молотком над этой вазой и, главное, опустившего ее). Конечно, на следах не было написано: мы, дескать, оставлены именно 114-м. Но соболь, пробегая по снегу, тоже не оставляет своего факсимиле, тем не менее опытный охотник по вмятинам с едва различимыми отпечатками коготков уверенно различает, кто проходил здесь три часа назад. Но, увы, охотники за 114-м хотя и видели следы, но своего «соболя» все еще не поймали.

Следующими объектами исследований были породы, добытые из-под многокилометровой толщи воды со дна океана. Имелись веские основания считать, что подобно тому, как свинец, попавший в океанскую воду, захватывается нерастворимыми в воде соединениями и попадает на дно, так и соединения 114-го рано или поздно очутятся в. этих образованиях, называемых конкрециями. Искать 114-й в конкрециях было тем интереснее, что в этих образованиях не могли похозяйничать космические лучи: толща воды служит надежной защитой от космических пришельцев.

Результаты? Пока неясные. Меньше всего в этом виноваты исследователи. Кто придерживается обратного мнения, пусть вообразит песчаный пляж протяженностью в 100 метров и шириной в 10 метров при толщине слоя песка в 1 метр. Вообразили? Теперь представьте, что вам на этом пляже предстоит разыскать какую-то одну (одну!) определенную песчинку, причем хотя вы знаете, что эта песчинка должна быть отмечена каким-то особым знаком, но каким именно, это вам неизвестно. Думаю, что за такую работу не отважится приняться ни один подвижник. А физики берутся: несложный расчет показывает, что число песчинок на упомянутом нашем пляже должно составлять 10^{13} — именно столько, сколько атомов посторонних элементов должно приходиться на один атом 114-го

элемента в тех образцах, где он разыскивается.

Не ожидая конечных результатов поисков 114-го на Земле, исследователи решили обратиться к космосу, точнее — к космическим лучам. Эти лучи, пронизывающие все доступное нашему обозрению космическое пространство, содержат не только протоны — ядра водорода, но, хотя и в меньшем количестве, ядра самых разнообразных химических элементов. Впрочем, далеко не всем химическим элементам, входящим в состав космического излучения, суждено добраться до Земли. От места своего рождения в далеких галактиках до нашей планеты космическое излучение идет много миллионов лет. Конечно, достигнуть цели путешествия могут лишь наиболее долгоживущие ядра: изотопы, обладающие недостаточно большим периодом полураспада, скончаются в дороге, превратившись в более устойчивые ядра.

Теперь, после краткого отступления о космических лучах, самое время рассказать об одних не совсем обычных экспериментах. На специальных аэростатах на громадную высоту поднимались фотопластинки. Хотя никакой фотоаппаратуры на аэростатах не было, фотопластинки тем не менее предназначались для фотографирования. Объектом фотографии должны были стать космические лучи.

Разумеется, и на большой высоте космические лучи столь же невидимы, как и у поверхности Земли. Невидимы для глаза, но не для фотографической пластинки. Неистовые частицы космического излучения, попадая на фотоэмульсию, оказывают на нее гораздо более сильное разрушительное действие, чем кроткие фотоны — кванты видимого света, каждый из которых способен разбить разве что одну-единственную молекулу хлористого серебра — основу фотоэмульсии. Протоны же, не говоря уж о более тяжелых ядрах, движутся через строй молекул хлористого серебра, словно слоны Ганнибала через фаланги поверженных римлян. После пролета космических частиц остается след, внушительный, чем выше порядковый номер элемента.

Так вот, среди следов (треков) космических частиц, запечатленных на фотопластинках, попадались, правда очень редко, такие внушительные, что так и напрашивалось предположение: эти борозды пропахали атомы элементов с порядковыми номерами, превышающими 100. Но ведь любые известные нам элементы с такими порядковыми номерами — и фермий (100), и менделеевий (101), и жолиотий (102), и резерфордий (103), и курчатовий (104), и, наконец, нильсборий (105) — настолько недолговечны, что им в составе космических

лучей не долететь и от Юпитера, не то что от какой-то невообразимо далекой галактики, которой и имени то не придумали, а нарекли лишь скучным трехзначным номером. Стало быть…

Стало быть, след принадлежит какому-то неизвестному элементу из второй сотни. Какому? Уж не 114-му ли? Очень хотелось бы…

«Стоп, — снова вмешается недоверчивый читатель (настойчивость которого можно лишь приветствовать, потому что здоровый скептицизм полезен всегда, а для науки — втрое), — стоп, — скажет этот читатель, — не увлеклись ли слишком ученые, а вместе с ними и автор? Подумать только, в какие малости ударились: искать один атом в миллионах миллиардов других, радоваться следу — одному-единственному, да и то выуженному с высоты 40 километров? Какое это может иметь значение?»

Ответ может быть только один: огромное, неоценимое!

Если окажется, что в природе существует, пусть и в ничтожном количестве, 114-й элемент, то этим самым верхняя естественная граница поднимется сразу (даже дух захватывает!) на 22 клетки!

Поверьте, на мировоззрение человечества это расширение границ окажет влияние не меньшее, чем это было достигнуто Великими географическими открытиями XIV–XV веков.

А что до мизерности количеств 114-го, то ведь не вычеркиваем же мы из таблицы клетку № 87 только потому, что обитателя этой клетки в земной коре содержится еле-еле полкилограмма!

Но пока, несмотря на обнадеживающие результаты, определенных выводов о существовании на Земле устойчивого зауранового элемента сделать нельзя. Но, во-первых, это пока, а во-вторых…

Во-вторых, почему мы решили, что все элементы, стоящие за ураном, вымерли до конца, до последнего атома? Разве нет надежд обнаружить в природе хоть сколько-нибудь, хоть самую малость первых из зауранових элементов? Ведь у них периоды полураспада все же миллионы (лет), а не десятые доли (секунд), как у последних искусственно полученных зауранових элементов.

А в-третьих…

Вот с этого «в-третьих» мы, пожалуй, и начнем.

На страницах этой книги неоднократно вспоминался свинец. Популярность этого элемента в данном случае не удивительна: ведь свинец — конечный продукт распада самых «главных» естественных радиоактивных элементов Земли: тория и урана.

Но взглянем на таблицу Менделеева. После свинца в периодической системе стоит висмут — элемент, который наверняка образовался в результате радиоактивного распада более тяжелых элементов.

«Каких именно?» — спрошу я.

«Да мало ли имеется этих элементов! — последует наиболее вероятный ответ. — Вон их сколько в периодической системе: кроме тория и урана, — полоний, радий, актиний, выбирай любой».

Действительно, висмут может пойти, кажется, по любому направлению, и всюду, ну, если и не всюду, то, по крайней мере, где-нибудь он найдет своего предка. Однако, несмотря на обилие адресов, остается висмут безродным и сирым.

Вспомним еще раз основные типы радиоактивного распада: альфа, бета и гамма. Известно (учили ведь в школе!), что лишь первый из этих типов распада ведет к изменению массового числа. Массовое число альфа-частицы равно 4. Поэтому, если при радиоактивном распаде массовое число уменьшается, то сразу, «единым махом», на 4. А это означает, что тип ядра при расндде измениться не может.

В самом деле, возьмем какой-либо радиоактивный изотоп, например уран-238. Тип ядра 4p + 2 (при делении 238 на 4 в остатке получаем 2). Стоит ли доказывать теперь или каждому усвоившему элементарную арифметику это ясно и так, что, какими бы путями ни распадался уран-238 и его потомки, во всех случаях будут образовываться только изотопы 4p + 2. В самом деле, вот некоторые из продуктов распада урана-238: торий-234, радий-226, радон-222, свинец-206.

Родоначальником семейства 4p + 3 стал другой изотоп урана, с массовым числом 235. Пройдя длинную цепочку изменений, он превращается в свинец-207.

Патриарх клана 4p торий-232. Массовые числа всех продуктов его распада без остатка делятся на 4; не составляет исключения и завершающее звено цепочки распада — свинец-208.

Основателем последнего из возможных семейств, семейства 4p + 1» является… Позвольте, но ведь среди нескольких десятков изотопов естественных тяжелых радиоактивных элементов, от астата до урана, нет ни одного, который относился бы к типу 4p + 1, ни одного! И никак тут не спрячешься за спасительную формулу «нет так нет». Скорее всего, природа недолюбливает этот тип атомных ядер и не захотела «сотворить» относящиеся к нему изотопы.

Неужели природа не имеет права на такие невинные капризы?

Если бы мы и признали за природой право даже на самодурство, легче бы нам от этого не стало. Все тот же висмут-209, единственный, кстати, изотоп этого элемента — изотоп, как видим, типа4р + 1. Должен же был откуда-то взяться этот самый висмут-209! Были же у него предки — предки типа 4р + 1! Куда же они делись? Не переселились же они на другую планету!

Можно было бы беспредельно нанизывать вереницу вопросительных и восклицательных знаков, но конец недоумению положила алхимия, алхимия XX века. Когда были синтезированы все возможные изотопы первых зауарановых элементов, сразу стало ясно, «откуда есть пошел» висмут. А пошел он от 93-го элемента, от нептуния-237 (тип 4р + 1). И тут все стало ясно: разумеется, «старик» не мог дожить до наших дней — что его два с малым миллиона лет (период полураспада) по сравнению с временем жизни нашей планеты, по сравнению с 4,5 миллиарда лет! Такими же «хлипкими» оказались и продукты распада нептуния-237, предшествующие висмуту: и протактиний-233, и торий-229, и радий-225.

Оказывается, бобыль висмут — единственный и неопровержимый свидетель того, что нептуний все же существовал на нашей планете.

А если существовал, то не сохранился ли? И не говорите о периоде полураспада! Профессору Челленджеру тоже все толковали о том, что первобытные ящеры не могли сохраниться на нашей планете, а он не поверил и открыл удивительный «затерянный мир» — уголок первобытной природы. Ах, это все Артур Конан-Дойль выдумал? Но ведь удивительная история с кистеперой рыбой целлакантус, которую считали вымершей сотни миллионов лет назад и которую сейчас отыскали в укромных океанских уголках, — это уже не вымысел. Так почему же не выступить в роли целлакантуса какому-либо, а может быть, даже каким-либо зауарановым элементам?

Должен сказать, что аналогия с целлакантусом оказывается в высшей степени уместной в проблеме поиска зауарановых элементов в природе. Ведь та рыба, которую выловили удачливые ихтиологи, тоже не прожила 200 миллионов лет — столько не живет, увы, ни одно живое существо, даже кистеперая рыба. Но не существуют ли какие-либо процессы, благодаря которым зауарановые элементы образуются при ядерных процессах — так же, как рождаются в воздухе легкие радиоактивные элементы?

В науке — я уже говорил об этом — правильно поставить вопрос зачастую не менее важно, чем решить его. Проблема с естественными зауарановыми элементами — лучшее тому

подтверждение. Первые заурановые элементы получились облучением урана-238 нейтронами. В любом же урановом соединении, в любом урановом минерале, урановой руде нейтронов предостаточно. Они образуются при делении урана, при соударении вылетающих из урана альфа-частиц с другими элементами, при облучении соединений урана космическими лучами и т. д. Поэтому в природном уране всегда присутствует плутоний. Его, правда, очень мало: одна часть на 100 миллиардов частей урана, но она есть. Есть!

Конечно, не автору этой книги решать то, где сегодня, в 1977 году, должна проходить естественная граница периодической системы элементов. Это должны сделать соответствующие химические организации, которым дано право декретировать такие вопросы. Но согласитесь, что сочетания слов «сегодня», «1977 год» со словами «периодическая система элементов» весьма примечательно. Поистине никакие границы не вечны, даже границы периодической системы!

Окончание

…потому что, как теперь ясно каждому знакомому с химией, ни двух с половиною фунтов, ни грамма, ни, пожалуй, и двух атомов сто одиннадцатого элемента быть не может ни у Карлшреттера, ни у Рокфеллера, ни даже у господа бога! Желаю здравствовать, комиссар!

Инспектор Варнике кладет микрофон на рычаг, раскуривает трубку и возвращается к Баху.

ГЛАВА III

В которой высказывается убеждение, что электрон всегда был таким, как сегодня; утверждается, что полеты на Луну — это очень интересно; ставится под сомнение принадлежность никеля к металлам; описывается несколько, скажем прямо, не очень нормальных химических элементов и в заключение рассказывается о двух дюжинах различных водородов.

«Хвостист» из шарового скопления 47 Тукана

— Не стану, Иван Лаврентьевич, не стану я его экзаменовать! Почему всех этих инопланетных только ко мне направляют?! Вот у Ильи Лукича стаж побольше моего, а его третий год ничем серьезнее, чем опрос дельфинов, не занимают.

— Петр Петрович, голубчик, во-первых, у Ильи Лукича так, как у вас, не получится. А во-вторых, после того, как тот бойкий парень из созвездия Стрельца в благодарность за тройку сделал Лукича телепатом, к нему больше инопланетных направлять, нельзя: чуть что не по нем, он их телепортирует на Фобос. Некоторые сильно обижаются.

— Не говорите, Иван Лаврентьевич, среди этих внегалактических попадаются такие, что их не только на Фобос пошлешь… А откуда этот очередной претендент?

— Господи, разве упомнишь!.. Ага, вот он сыскался: шестая планета звезды УОЯК м-8 из шарового скопления 47 Тукана.

— Ого, откуда добрался! На каком же наречии он изъясняется?

— А он вообще не изъясняется. Они, тукане, общаются в инфракрасном диапазоне.

— Иван Лаврентьевич, уважаемый, мама меня родила без приемника ИК-излучения! В данном случае это можно считать профнепригодностью, поэтому увольте меня от вашего туканина. Направьте его в спектральную лабораторию, пусть он там столковывается со спектрографом!

— Петр Петрович, до шуток ли мне? Знаете, откуда звонили мне по поводу этого туканина?.. Вот именно… Он пытался сдавать химию в четырех вузах и всюду срезался. Тип же этот оказался предельно кляузным. В последний раз, к примеру, написал, что ему сбивали настройку. А насчет контакта не волнуйтесь — он с собой носит транслятор. Кстати, замечательная штука, скажу я вам: переводит инфракрасное излучение в звуковые колебания и, кажется, даже рентгеновский аппарат может заставить говорить на хинди.

— А как он передвигается?

— Кто? Транслятор?

— Да туканин ваш!

— Да что вы мне все время «ваш» да «ваш»!.. Он такой же мой, как и ваш, можете забрать его себе со всеми потрохами, если они у него только имеются. А потом, он не ходит, а…

— Ого, значит, летает? Летунов мне еще экзаменовать не приходилось!

— Да нет же, он…

— Плавает? Будем устраивать экзамен в бассейне «Пингвин»? Но тогда уж его экзаменовать, безусловно, должен Илья Лукич.

— Выслушайте меня наконец! Туканин передвигается дематериализуясь-материализуясь.

— ???

— Очень просто: аннигилируется в данном объеме пространства и тут же возникает в соседнем. Гамма-излучения не выделяет.

— Экзаменаторов, надеюсь, он не аннигилирует?

— Полагаю… не должен. Но надо будет осведомиться в министерстве.

— Слушайте, Иван Лаврентьевич, а зачем он на Землю пожаловал?

— Петь будет. В оперном театре.

— Петь?

— В ИК-диапазоне?! А слушать кто его будет? Спектрографы?

— Петр Петрович, вы повторяетесь. У него ведь транслятор есть. И он каким-то образом может исполнять несколько партий сразу. Вот этим и соблазнился оперный театр: солист один, а исполняет все партии — Фигаро, Розину, Альмавиву, дона Базилио, Бартоло и еще партию флейты-пикколо в оркестре.

— Ему бы не в оперном театре, а в цирке выступать! Да, а химия-то ему зачем?

— А это уж спросите у тех умников в министерстве, которые требуют, чтобы каждый приезжающий на гастроли из других галактик сдавал экзамены в объеме средней школы.

* * *

— Не будете вы любезны сообщить ваше имя?

— 17^{18}

— Простите, не совсем уловил…

— Ну, Семнадцать в восемнадцатой степени!

— М-да… Ну ладно… Начнем вот с чего: скажите, пожалуйста, какое давление на поверхности вашей планеты?

— Вас предупредили, что мне предстоит экзаменоваться по химии? По химии, а не по физике!

— Конечно, конечно, но ведь экзамен еще не начался, я

просто знакомлюсь с вами. Так что же у вас там с давлением?

— Не помню точно, но что-то около семи миллионов гиг.

— Сколько??!! Как же вы там существуете?

— Так же, как и вы.

— Как и мы? Ага, понятно… Настройте, пожалуйста, ваш транслятор на нашу систему единиц и еще раз повторите, каково у вас на планете атмосферное давление.

— Сколько можно повторять! Что-то около полутора атмосфер.

— Очень хорошо! Расскажите, пожалуйста, Семнадцать в восемнадцатой, о нервом элементе седьмой группы периодической системы.

— Только и всего? Первый элемент седьмой группы периодической системы Ухрра-24,5.

— Кого, кого?

— Уххра-двадцать четыре с по-ло-ви-ной…

— Ну да, продолжайте, пожалуйста.

— Первый элемент седьмой группы — уйм.

— Так вот, расскажите о нем подробнее.

— Уйм — это… это… металл.

— Уйм — металл?? Знаете что, отрегулируйте, пожалуйста, ваш транслятор получше, еще раз прошу! Я правильно вас понял, Семнадцать в восемнадцатой, что фтор — металл? Фтор — самый первый элемент семейства галогенов, тех самых, которые в периодической системе Менделеева…

— Периодическую систему открыл Ухрра-24,5.

— Ладно, перенесем разговор о приоритете на следующую нашу встречу.

— Это означает, что я должен уйти?

— Нет, но если вы будете продолжать настаивать, что уйм… тьфу, что фтор — это металл, то, боюсь, ничего хорошего из нашего экзамена не выйдет.

— Да, у *нас* фтор — металл, и к тому же инертный.

— Молодой человек, не знаю, какой у вас баритон-сопрано бас, но о химии вы не имеете даже отдаленного представления!

— И вы тоже! А может быть, у нас химия совсем не такая. Но почему вы считаете, что как у вас на Земле?! Почему вы считаете, что у нас на УОЯКе не может быть все по-иному?

— Потому, молодой человек, потому, что…

[Продолжение на стр. 114]

Примерное постоянство

Несколько, в общем, хорошо известных и не так уж редко встречающихся житейских ситуаций.

— Храбрый Ыуы, который пропадал два света и две тьмы, вернулся и утверждает, что там, у большой воды, живут такие же уыхи, как и мы. Но я, ваш вождь, говорю: настоящий уых должен быть не только храбрым, но и правдивым, уста уыха должны говорить лишь о том, что видят его глаза. А храбрый, но лживый Ыуы утверждает, что те уыхи, которых он встретил у воды в двух солнцах и двух ночах бега отсюда, едят не больших клыкастых и косматых дугов, а маленьких летающих уэхов. Эй, тащите сюда камни и разведите костер, большой костер, сейчас мы будем учить храброго, но лживого Ыуы!

— А я говорю вам, что Карфаген должен быть разрушен: стоит ли церемониться с людьми, которые (даже говорить противно!) бреют волосы на голове, но зато отпускают бороду!

— Инки — люди? Не смешите меня, благородный гидальго! Человек — это не только тот, кто ходит на двух ногах, иначе, хо-хо, этот так отменно зажаренный вашей кухаркой каплун — тоже человек! Человек — это тот, кто возносит молитвы деве Марии, а не тот, кто строит варварские пирамиды!

Пожалуй, хватит. Потому, что из приведенных примеров и так ясно: никогда и ни при каких условиях не считай, что всё и всюду должно быть так, как это происходит в твоей семье, в твоем городе, в твоей стране, на твоей планете.

Если же вспомнить, что здесь, на страницах этой книги, не раз раздавались призывы к здоровому скептицизму, то возникает вопрос, и даже не один, а несколько:

«В какой степени объективные законы природы, открытые и установленные здесь, на Земле, и подтвержденные на земных, и только земных, объектах, можно считать справедливыми для всей Солнечной системы, для всей Галактики, для всей Вселенной, наконец?»

«Вот вводятся константы — заряд электрона, масса протона, размер атома водорода. А может быть, это только у нас, на Земле, электрон имеет именно такой заряд, а протон именно такую массу, а атом водорода именно такой размер, а во-о-он на той туманности и заряд, и масса, и размеры электрона будут совсем другими?»

«Может быть, только здесь, на Земле, ну, пусть в пределах Солнечной системы, скорость света равна 300 тысячам километров в секунду? А кто измерял скорость света в центре

нашей Галактики или в отдаленных районах метагалактики?»

«И вообще, как можно, сидючи на Земле, на ничтожном по масштабам космоса клочке материи, расписываться за всю Вселенную? Не слишком ли много берут на себя физики и химики?»

Конечно, эти и подобные им вопросы возникли не только сейчас, на страницах этой книги. Проблема универсальности наиболее общих законов естествознания (будем, впрочем, пока говорить только о физике и химии) давно занимает умы и тех, кто только приобщается к науке, и ее маститых патронов.

Особенно настороженно относятся к своим константам физики. Среди основных, так называемых фундаментальных, физических констант, пожалуй, не осталось ни одной, которой в той или иной форме не высказывалось бы недоверие. Подозревались: постоянная Планка, гравитационная постоянная, заряд электрона, скорость света. Разумеется, от этих констант не требовалось представить доказательства того, что они в других областях Вселенной сохраняют свое постоянство: все равно физики не смогли бы проверить степень правдивости этих показаний. Но вот получить ответ на вопрос, не изменяются ли константы со временем, было действительно интересно и важно, а главное, можно это постоянство или непостоянство констант во времени проверить. Если бы оказалось, что константы непостоянны, это поставило бы под немалое сомнение космическую универсальность законов естествознания, установленных на Земле и для Земли. (Словосочетание «непостоянная константа» не очень благозвучно: но говорим же мы «слабая сила», «твердый газ» и, наконец, «синяя краска», греша при этом, быть может, против буквы, но не духа русского языка). Опасаясь, что их скепсис подтвердится, физики неоднократно ставили под подозрение постоянство физических констант. Но пока они, физические константы, более чем успешно отбивали возводимые на них физиками «наветы». Не будем приводить всю цепочку доказательств, к которым прибегали физики, чтобы подтвердить или опровергнуть неизменность постоянной Планка, гравитационной постоянной и других фундаментальных констант, — это слишком бы увело нас в сторону от темы книги[7]. Остановимся лишь на проблеме неизменности заряда электрона.

Предположим, что когда-то, в далекие геологические эпохи, заряд электрона, а следовательно, и противоположный ему по знаку, но равный по абсолютной величине заряд протона был меньше, чем сейчас. Степень устойчивости атомного ядра, как мы помним, определяется той энергией, с какой отталкиваются друг

от друга протоны. Естественно, чем сильнее отталкивание, тем менее стабилен изотоп, или, говоря точнее, тем меньше его период полураспада. Если бы предположение о меньшем заряде электрона было верным, то тогда в прошлом нашей планеты соотношение между различными изотопами одного и того же элемента было бы иным. Но отношение, например, хлора-35 к хлору-37 или серы-32 к сере-34 и в образцах пород, возраст которых приближается к возрасту Земли, и в более юных породах, которым от силы миллиард лет, одно и то же. Есть все основания считать, что заряд электрона, по крайней мере, за 4–4,5 миллиарда лет не увеличивался.

Если этого доказательства окажется недостаточно, то можно обратиться к другим свидетелям отдаленного прошлого нашей планеты — долгоживущим радиоактивным изотопам. Вот, к примеру, один из естественных радиоизотопов середины периодической системы — рений-187. Выбрасывая электрон, этот изотоп с периодом полураспада 40 миллиардов лет превращается в осмий-187. Если бы 3–4 миллиарда лет назад электрон имел меньший заряд, ему, естественно, легче было бы покидать ядро рения-187. Следовательно, период полураспада этого изотопа должен был быть меньше современного. Даже незначительное понижение заряда электрона должно вести к существенному увеличению скорости бета-распада. Так, если бы заряд электрона 3 миллиарда лет назад был на 0,05 % ниже, то это привело бы к уменьшению периода полураспада рения-187 в 200 раз, то есть этот изотоп рения распадался бы наполовину уже за 200 миллионов лет, а это уже значительно меньше времени существования нашей планеты, и до наших дней дожили бы жалкие остатки рения-187. А между тем этот изотоп здравствует сейчас на Земле.

Точно так же не дотянули бы до современной геологической эпохи многие другие радиоактивные изотопы. Не осталось бы на Земле урана и тория, и тогда… очень скучной была бы физика. Да и химия, лишенная тяжелых радиоактивных элементов, тоже потеряла бы во многом свою привлекательность.

Да, похоже, что кирпичи — элементарные частицы, из которых состоят атомы, всегда и всюду были неизменны по своим свойствам. А раз так, то и химические свойства элементов были всегда и всюду одинаковы. Ясно, впрочем, что, говоря о химических свойствах, прежде всего подразумевают способность к химическому взаимодействию. При взаимодействии атом либо отдает свои электроны с внешней орбиты, либо, напротив, принимает электроны от атома взаимодействующего с ним элемента. Но хочется подчеркнуть, что химические свойства

элемента определяются тем, с какой легкостью его атом отдает либо принимает электроны. Замените не очень в данном случае выразительное слово «легкость» на гораздо более категоричное «энергия», и вы получите весьма строгое определение термина «химическое взаимодействие». Да, здесь, как и во всех иных процессах, протекающих в природе, все определяет энергия.

Итак, энергия расположенных на внешней орбите электронов фтора определяет свойства этого элемента. А энергия эта зависит от заряда и, конечно, от массы электрона. Стоит ли теперь обосновывать, что и на Марсе, и на самой далекой из туманностей фтор будет только фтором и ничем другим.

Ну, а коль скоро элементы по своим свойствам ничем не отличаются от наших, земных, то и химические соединения, образованные из этих элементов, будут такими же, как и земные. На бесконечно далекой галактике фтор будет столь же активно взаимодействовать с натрием, как и в химической лаборатории на Земле; а неон и на Альфа-Центавра будет химическим ленивцем. И кислород будет окислять. И водород восстанавливать. И при взаимодействии кислоты и щелочи тепло будет выделяться, а при растворении хлористого кальция в воде — поглощаться.

Вот почему, очутившись на незнакомой планете, не стремитесь произвести впечатление на тамошнюю Аэлиту своей химической эрудицией. Все, что вы ей скажете, она уже выучила в средней школе, причем, может статься, успевала по химии лучше вас.

Выстроив всю эту систему аргументов, среди которых ссылка на успеваемость Аэлиты, несомненно, является одной из самых убедительных, автор может считать свой долг по отношению к химическим свойствам Вселенной выполненным. Но тут снова, в который раз, вмешается наш старый знакомый читатель-скептик:

«Все, что вы сказали, конечно, довольно весомо. Но ведь аргументировать можно все, что угодно. Говорят, с помощью выкладок математики доказывают, причем строго, что полное равно пустому. А вы не рассуждениями, а экспериментом докажите! Экспериментом!»

Что ж, будем доказывать экспериментом.

Никаких неожиданностей

Пласты юмористических тем, в общем, никогда не были особенно рудоносными. Даже если кому-то из старателей-юмористов особенно везло, то собратья по юмористическому цеху наваливались на богатую породу с таким усердием, что она очень скоро приходила в полное оскудение. Тем не менее в этих пластах проложено несколько штолен, которые, несмотря на интенсивную разработку, рудоносят весьма продолжительный срок. К числу таких штолен относятся прогнозы погоды («Дорогой, не забудь захватить зонтик: по радио сказали, что осадков не будет») и нерадивые школьники («Папа, ты умеешь расписываться с закрытыми глазами?..»). За последние годы в этом пласте заложена еще одна богатейшая шахта — научные прогнозы.

Я не склонен иронизировать над теми отважными учеными, которые берутся предсказывать развитие какой-то отрасли науки и техники. Прогнозировать науку и впрямь нелегко. Ведь, рассуждая о том, какой будет наука завтра или послезавтра, можно исходить только из того, что этой науке известно сегодня. Много ли стоили прогнозы относительно перспектив развития средств связи до того, как были открыты радиоволны? Сколь информативными были предсказания предполагаемых энергетических ресурсов человечества до того, как выяснили принципиальную возможность высвобождения атомной энергии?

Вот почему не стоит преувеличенно удивляться мнимой близорукости многих ученых, которые относили эру выхода человека в космос в лучшем случае на первую половину XXI века, а возможность исследования химического состава поверхности нашего космического спутника Луны и вовсе на конец будущего века.

…Одним довольно пасмурным и дождливым воскресеньем 1971 года мне пришлось выстоять целый день в очереди, и я никак не могу считать этот день потерянным. Очередь стремилась в павильон ВДНХ «Космос». В эти дни здесь демонстрировался образец лунной породы, доставленной на Землю советским космическим аппаратом «Луна-16».

«Луна-16» стартовала с Земли 12 сентября 1970 года. Спустя четверо суток аппарат прилунился в северо-восточной части моря Изобилия. Еще через сутки «Луна-16» уже была на обратном пути к Земле, неся на борту почти 100 граммов лунного грунта.

Годом раньше мы могли видеть на экранах телевизоров выход на поверхность Луны американских астронавтов Армстронга и Олдрина, которые посадили пилотируемый ими

лунный отсек корабля «Аполлон-8» на равнине в районе Океана Бурь. Первое, чем занялись американские астронавты, выйдя на поверхность Луны, был сбор образцов лунной породы.

Как видим, самое главное, что интересовало исследователей первого небесного тела, которого достигли земляне и посылаемые ими аппараты, — это то, из чего наш естественный спутник «сделан». Химический и изотопный анализ лунного грунта должен был ответить на множество вопросов, которые представляли жгучий интерес для геологов и физиков, химиков и геохимиков, геофизиков и астрономов.

Как ни парадоксально это звучит, но самый важный результат исследований лунного грунта — отсутствие каких-либо принципиальных неожиданностей.

Затаив дыхание, ждали результатов анализа лунного грунта физики и геохимики. Анализ должен был подтвердить справедливость теории распространенности химических элементов. Конечно, ученые были убеждены в своей правоте, убеждены в том, что, как и на Земле, на лунной поверхности много кремнии и кислорода, а, скажем, иттербия мало. Убеждены-то убеждены, а все же…

Самые распространенные элементы земной коры, как говорилось в первой главе, — это кислород, кремний, алюминий, железо, водород, магний, кальций.

Самые распространенные элементы лунной поверхности — это…

Впрочем, зачем повторения? Перечтите лучше предыдущую фразу. Разве только в лунном списке не фигурирует водород, что понятно, потому что воды, этого основного вместилища водорода на Земле, на Луне не обнаружено.

Итак, основываясь на выводах, сделанных при изучении земных — повторяю еще раз: земных — минералов, можно было представить, причем с такой же точностью, состав небесного тела, находящегося от нас почти в полумиллионе километров.

В каждом научном исследовании имеются детали, которые ученым кажутся особенно умилительными; даже не скажешь, почему именно, а вот — очень приятно! Так и здесь, при исследовании лунного грунта, геохимикам показались особенно трогательными результаты аналитического определения редкоземельных элементов. Помните, как в земной коре эти элементы играли в «чет-нечет»: четных элементов много, нечетных мало. Интересно было, конечно же интересно, проверить, будет ли эта закономерность соблюдаться и на Луне. Поэтому анализ на содержание этих элементов выполнялся особенно тщательно. Все-таки какими емкими иногда бывают

слова, особенно глаголы! Всего одно слово: «выполнялся», а за ним столько! Ведь редкоземельных в лунных образцах — десятитысячные доли процента, то есть в одном грамме лунного грунта содержится всего несколько миллионных долей грамма каждого из элементов. В грамме… А кто, скажите на милость, вам даст этот грамм? Грамм лунного грунта! Получите свои несколько миллиграммов, и… Ох, губит меня моя доброта…

При анализе были обнаружены: церий, неодим, самарий, гадолиний, диспрозий, эрбий и иттербий. Не поленитесь — загляните в таблицу Менделеева: все это редкоземельные элементы с четными порядковыми номерами. Все — ни один не пропущен! А из нечетных обнаружены, да и то лишь следы европия (№ 63) и лютеция (№ 71). О более убедительном подтверждении правила «чет-нечет» не приходилось и мечтать.

Напряженно ждали результатов исследования лунного грунта и геологи. Их интересовало не только какие элементы будут в нем обнаружены. Им нужно было знать химический состав лунных пород. Эти сведения могли пролить свет на многие загадки формирования земной коры. Нет, я не оговорился — изучение лунного грунта позволило объяснить многие особенности поверхностного слоя Земли. Так вот, оказалось, что и здесь геологи не встретили никаких неожиданностей, и в этом была самая большая неожиданность исследования лунного грунта. Те же окислы, из которых сформирована земная кора, составляют основу и лунных пород. Различие лишь одно: в лунном грунте нет даже следов окисла водорода (в этом строгом официальном названии не сразу признаешь воду, которая действительно не что иное, как окись водорода), но тут уж ничего не поделаешь: если и была на Луне вода, то к нашему времени успела уже вся выйти…

Не так уж много нового принесло изучение и минералогии лунных пород. В образцах было открыто три новых, не известных (что, впрочем, еще не означает не существующих) на Земле минерала. Особенно богатым улов не назовешь: геологи ежегодно открывают на нашей Земле куда больше новых минералов. Но, как мы уже установили, здесь «самая лучшая новость — отсутствие каких-либо новостей». В приложении к селенологии это означает, что встреча в лунных породах со старыми добрыми знакомыми, например пироксеном, плагиоклазом, ильменитом или олевином, очень приятна. Очень.

Далеко идущее сходство химического состава Земли и Луны очень обрадовало не только геологов (им/ как говорится, сам бог велел ликовать в этой ситуации). Заволновались и астрономы. Если бы им еще узнать возраст лунных пород!

Давно известен закон, согласно которому категоричность суждений о каком-либо предмете, явлении обратно пропорциональна уровню наших сведений о них. Поэтому в специальной и особенно научно-по-пулярной литературе имеется довольно согласованная точка зрения на происхождение и природу нейтронных звезд, квазаров и радиогалактик, но о проблеме происхождения Луны все еще спорят.

Существующие теории происхождения Луны, по-видимому, с достаточной степенью строгости могут быть разбиты на три категории (автор книги не астроном, и только этим объясняется отвага, с какой он берется классифицировать астрономические проблемы). Первая группа теорий считает, что Луна отделилась от нашей планеты в далекую геологическую эпоху, но намного позже того, как возникла сама Земля. Теории второй группы утверждают противоположное: Луна где-то там возникла и потом, слоняясь по космосу, была захвачена Землей. И наконец, третьи настаивают на том, что Земля и Луна возникли одновременно — в одной и той же области Солнечной системы и из одного и того же строительного материала.

Теории первой группы, бесспорно, самые романтичные, поскольку открыли и открывают широкие возможности для литературно-морфологическо-поэтических ассоциаций. К сожалению, ошибочность их столь же бесспорна: физики давно доказали, что если бы даже Луна и родилась в недрах Земли, то отделиться от нее она никак не смогла бы. Помочь в выборе между двумя остальными группами теорий могло только определение возраста лунных пород. Если возраст Луны существенно отличался бы от земного, тут уж наверняка побеждают теории захвата. А вот если возраст совпадает, то выигрывают теории одновременного образования нашей планеты и ее спутника.

Сегодня известен возраст пород, взятых примерно с десятка различных точек Луны. Ни разу этот возраст не был меньшим трех миллиардов лет. Что ж, это совпадает с мнением селенологов, которые давно утверждали, что лунная кора образовалась примерно три миллиарда лет назад. Это здесь, на Земле, верхние слои коры почти никогда не доживают до столь почтенного возраста: возмутители спокойствия — вода, атмосфера, тектоническая деятельность, а ныне, в XX веке, и человек — не оставляют земную кору в покое, все время изменяя ее геологическую структуру и химические свойства. На Луне же, увы, нет ни воздуха, ни воды, ни людей. Только метеориты тревожат ее поверхность. Метеориты да редкие и не очень сильные лунотрясения. Поэтому лунная кора предстала перед

исследователями в своем первозданном виде.

Однако были доставлены с нашего спутника и образцы, которые имели возраст четыре с половиной миллиарда лет. Да, те самые четыре с половиной миллиарда лет, которые, как установили геохронологи, существует наша планета.

Древнейший камень, доставленный «Аполлоном-15» из района Аппенинских гор (лунных Аппенин, разумеется), так и был назван: «образец дня творения». Не знаю, что именно имели в виду исследователи, окрестив так находку. Вряд ли они намекали на тот день четыре с половиной миллиарда лет назад, когда творец, осенив себя крестным знамением, сказал: «Да будет свет!» Впрочем, «Аполлон-17» доставил еще более древний образец, возрастом 4,6 миллиарда лет, что, конечно, никак не могло сказаться на общей картине мироздания, в соответствии с которой Земля и Луна образовались одновременно.

Да, Земля и Луна — сестры одной крови, и законы, установленные на Земле и для Земли, оказываются справедливыми и для Луны. И для Марса, и для Сириуса, и для созвездия Возничего, и вообще для любой точки Вселенной, которой только сумеет достигнуть человек — с помощью ракеты, телескопа или силы воображения.

оюсь, что я перегнул палку. Желая обосновать тезис об общности законов Вселенной, я дал повод считать, что на всех небесных телах, куда попадет (или не попадет) человек, все или почти все будет как на Земле. А отсюда следует, что организация экспедиции на Луну и другие планеты (о выходе за пределы Солнечной системы пока говорить не приходится) не что иное, как блажь, чуть ли не желание прокатиться по космосу на государственные средства. Это, конечно, не так, и поэтому будем палку разгибать.

«Я вырождаюсь!»

…Это был один из самых необычных — по содержанию, месту и времени действия — разговоров, какие мне когда-либо доводилось вести. Устроившись в гостинице небольшого городка Камень-на-Оби после двухсуточного бессонного путешествия по реке, я приготовился ко сну в своей отдельной комнатке. Но тут мое внимание привлек разговор двух соседей за фанерной перегородкой. Подслушивать, конечно, нехорошо, но попробуйте отключиться, когда, во-первых, собеседники ведут диалог на высоких децибелах, во-вторых, перегородка проводит звук, кажется, лучше, чем воздух, и, наконец, в-третьих, содержание разговора определенно химическое. Только химия какая-то странная.

— Интересно, — спрашивает первый из собеседников, у него несильный приятный тенор, — интересно, с каким элементом аргон будет реагировать охотнее: с хлором или натрием?

(Господи, что он несет?! Это аргон-то будет взаимодействовать! Инертный газ аргон?!)

— По-видимому, с хлором охотнее, — поразмыслив, ответствует другой эрудит.

— Почему? — любопытствует тенор.

— Потому что аргону при взаимодействии с хлором легче отдать восемь электронов, чем принять десять электронов при взаимодействии с натрием, — демонстрирует баритон свою химическую эрудицию.

(О каких электронах он говорит? С чего бы это аргон стал расставаться со своими электронами?)

— Но вот что совсем уж интересно, — неймется тенору, — будет ли реагировать хотя бы с каким-нибудь элементом никель?

— Никель?.. — задумчиво тянет баритон.

И тут я не выдерживаю:

— Будет!!! Будет!!! Никель взаимодействует и с галогенами, и с серой, и с кислородом.

— Ну, с кислородом уж никак никель взаимодействовать не будет! — убежденно и ничуть не удивившись неожиданному вмешательству в дружескую беседу, заявляет невидимый баритон. — Мы это на хорошей машине просчитывали.

— Слушайте, ребята, — советую я, с трудом сдерживая раздражение, — сдайте вашу хорошую машину во Вторчермет, а на полученную премию приобретите учебник химии. Для девятого класса. Тогда и поговорим. А сейчас спать надо. Баиньки.

— Спать действительно пора, — соглашается тенор, — только вы напрасно нервничаете, здесь все верно.

— Что верно? То, что, по-вашему, инертный газ аргон вступает во взаимодействие с кем ему вздумается? А никель ведет себя, как элемент нулевой группы?

— Совершенно правильно, — подтверждают друзья дуэтом, — именно так.

— Позвольте… — начинаю догадываться я, — так вы говорите не об обычной периодической системе, а о…

— Вот именно — «о»! — смеются невидимые соседи, и все сразу становится на свои места.

Наутро, когда я хотел продолжить разговор с ребятами о необычной периодической системе, выяснилось, что они уже отбыли теплоходом в Барнаул, и я, ожидая «Ракету» на Новосибирск, вспоминал, что известно химикам о необычной системе элементов.

Все помнят, что в периодической системе Менделеева *пока*[8] имеется семь периодов. В первом периоде находятся 2 элемента, во втором и третьем — по 8, в четвертом и пятом — по 18 элементов, в шестом — 32 элемента, столько же элементов войдет и в седьмой период, когда будут синтезированы элементы по 118-й. Известно и то, что в соответствии с законами строения атома количество элементов в каждом периоде определяется наибольшим числом электронов, которое может находиться на наружном электронном слое. Так, у элемента третьего периода на внешнем электронном слое может быть не больше восьми электронов (у аргона, завершающего элемента этого периода на третьем, последнем, слое именно 8 электронов).

Да, все это известно. Но не все знают, что в таком размещении электронов, в атомах химических элементов, размещении, которое определяет структуру периодической системы, проявляется некоторая причудливость природы. И это, пожалуй, самое удивительное: кому-кому, а природе прихоти несвойственны. Размещая электроны на орбитах, природа пошла на нарушение одного из самых твердых своих принципов, согласно которому из всех путей осуществления какого-либо процесса, явления природа всегда выбирает самый простой.

Всегда? Увы, как мы сейчас увидим, не всегда. Количество элементов в периодах системы изменяется следующим образом: 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32 — всего семь периодов. А ведь этих периодов в системе «должно» было бы насчитываться всего пять, и в каждом из них количество элементов «должно» было закономерно увеличиваться: 2, 8, 18, 32, 50. Слово «закономерно» здесь употреблено не случайно, потому что именно такой

последовательности отвечал бы простой путь заполнения атомных орбит электронами.

Причины расхождения истинного положения дел с требованиями «простой» теории известны достаточно хорошо. И обусловлено это расхождение неуживчивостью электронов.

Располагаясь на определенной орбите, электрон как бы занимает место в уготованной для него комнате. Но, увы, природа не может предоставить электрону отдельную комнату. В соответствии с законами микромира в каждой комнате-орбите должны проживать несколько жильцов-электронов: в первой комнате 2 обитателя, во второй — 8, в третьей — 18, и так далее, в соответствии с тем перечнем, который был приведен для «простой» таблицы. Да, именно так электроны и размещались бы. Но дело в том, что в этом электронном общежитии приход каждого нового пришельца вызывает явное неудовольствие «старичков», да и «новичок», в общем, не расточает доброжелательность к старым обитателям. Скверный характер обитателей электронных орбит объясняется их одноименным зарядом. Итак, в плохом моральном климате на электронных оболочках следует винить закон старика Кулона!

Когда электронов в атоме немного (у элементов, располагающихся в начале периодической системы), они как-то «притираются» друг к другу, и расположение электронов на орбитах, а следовательно, и количество элементов в первых периодах совпадает с требованиями «простой» теории. Но вот когда число электронов становится уже достаточно заметным, то…

Вот хотя бы, к примеру, третий период периодической системы. «Простая» теория определила: в этом периоде может быть 18 элементов, то есть на «третью комнату» — орбиту электронного общежития оптимистически настроенная «простая» теория выдает 18 ордеров. И вот происходит вселение обитателей третьего электронного слоя.

Первым поселяется в этой комнате электрон натрия; вспомните: на внешнем электронном слое у натрия помещается всего 1-й электрон. Далее к нему подселяется электрон магния. Затем в компанию принимается 3-й электрон, электрон алюминия. И так далее, и тому подобное: 7-й электрон приходит вместе с хлором, 8-й — с аргоном, 9-й… А вот 9-го-то и нет, потому что третий период состоит, как мы помним, из восьми элементов и завершается аргоном. Но позвольте, ведь «простая» теория определила, что в комнате № 3 должно проживать 18 обитателей. Теория определила, а жильцы с этим не посчитались. Девятого пришельца восемь «старичков» в свою комнату попросту

не пустили, и он, горемыка, желая того или не желая, вынужден был устроиться в следующей комнате, № 4, то есть начинает заполняться 4-й электронный слой. И следующий за аргоном элемент снова имеет на внешнем электронном слое лишь один электрон, то есть по своим химическим свойствам следующий за аргоном элемент должен походить на 1-й элемент третьего периода — натрий. Так и есть, четвертый период менделеевской системы открывается элементом калием, который, как известно, представляет собой полный аналог натрия.

Вот, оказывается, почему заполнение электронных оболочек в природе происходит не так, как хотелось бы «простой» теории, а гораздо замысловатее. Все дело в том, что электроны враждуют друг с другом! Довольно поучительная притча к старому тезису о худом мире и доброй ссоре.

Я, конечно, сознаю, что пояснение причин отступлений от требований «простой» теории введено с предельной примитивностью; я решился привести его лишь в надежде, что оно не попадется на глаза какому-нибудь специалисту в области квантовой химии. В противном случае может возникнуть ситуация, когда неприязненные отношения могут установиться не только между электронами…

Не будем высказывать сожаления по поводу того, что природа не пожелала в данном случае пойти простым путем. Полагаю, что природе виднее, как поступать. А все же интересно, как выглядела бы периодическая система элементов, если бы электроны заполняли свои орбиты, не испытывая при этом антагонизма друг к другу.

Как уже отмечалось, первые два периода такой «вырожденной»[9] периодической системы ничем не отличаются от обычной. Но вот уже третий период в этой необычной периодической системе насчитывает 18 элементов и, естественно, завершается не аргоном, а… никелем. Именно никель имеет на наружной электронной оболочке предельное число электронов и поэтому не способен к химическим реакциям. Конечно, не очень легко свыкнуться с мыслью, что никель может быть инертным… газом… нет, применить это слово не поворачивается язык… ну, скажем, инертным элементом. Но многие ли из научных положений становились сразу привычными?

Рассматривая «вырожденную» таблицу, мы столкнемся еще со многими неожиданностями. Некоторые из них будут довольно приятного свойства. Так, в этой системе не будет семейств лантаноидов и актиноидов, которые, согласитесь, все-таки немного нарушают гармонию менделеевской системы: в самом деле, что это такое — в одной клетке сразу 15 элементов! Зато

окажется, что редкоземельный элемент диспрозий по своим свойствам будет весьма походить на серу, а прометий — на натрий, что, конечно, очень непривычно, но кто сказал, что такого быть не может?

Попробуем представить условия, при которых могут существовать такие необычные, «вырожденные» элементы. Что надо сделать, чтобы вернуть на свое законное место электрон, который негостеприимные соседи вытолкнули на высшую орбиту? Ну, скажем, повысим давление, и тогда обиженный электрон будет «вдавлен» на свое место. Каким же должно быть давление, чтобы восстановилась справедливость?

Расчет поначалу приводит к несколько обескураживающим результатам. Оказывается, для того чтобы могли существовать «вырожденные» элементы, необходимо создать давление где-то между 50 и 100 тысячами атмосфер. Конечно, с помощью довольно сложных устройств физики такое давление умеют создавать, но о том, чтобы встретиться с «вырожденными» химическими элементами где-нибудь в природе, говорить не приходится. Хотя все зависит от того, что понимать под словом «природа». Если ландшафты на поверхности земного шара, то, конечно, ни о каких давлениях, сколько-нибудь существенно отличающихся от одной атмосферы, речи быть не может. Но ведь и вершина Эвереста — природа, и глубокая шахта — природа. И то, что находится глубже самой глубокой шахты, — тоже природа. А расположены там глубинные слои земной коры, а еще ниже — мантия. Именно там царят такие давления.

Советский физико-химик А. Ф. Капустинский, который много занимался проблемой «вырожденной» периодической системы, предположил, что земной шар состоит из трех зон, в каждой из которых царят свои химические законы, своя периодическая система химических элементов.

Первый, наружный слой — это зона нормального химизма. Здесь все происходит в полном согласии с хорошо известными нам химическими законами, в абсолютном соответствии с периодической системой Менделеева. Простирается эта зона примерно на глубину 50 километров. Возможные же неожиданности начинаются ниже этой отметки. Именно здесь, по оценкам геологов, давление достигает нескольких десятков тысяч атмосфер. Вот тут и начинаются владения «вырожденной» периодической системы. Именно здесь калий возвращается в третий период, а медь переходит в щелочную веру.

Расчеты показывают, что законы «вырожденной» периодической системы должны простираться на глубину до 3000 километров. Мы видим, что большая часть массы земного шара

живет не по правоверным законам менделеевской системы, а по пока что диковатым для нас, но, как видим, совершенно естественным для тех условий, при которых осуществляется ее юрисдикция, законам «вырожденной» периодической системы.

Нетрудно представить себе, что на глубине 3000 километров давление достигает таких величин, которые лучше всего характеризовать не именем числительным, а именем прилагательным — «чудовищный». При таких давлениях атомы и впрямь становятся чудными. Грозная сила срывает электроны со своих мест. Чем «чудовищнее» давление, тем больше электронов уходят из атома: вначале покидают атом электроны внешних слоев, затем более глубинных и, наконец, последний электрон уходит, увлекаемый давлением. Все. Здесь кончается химия, потому что химические свойства, как известно, определяются электронами. Вот почему эта зона была названа Капустинским «зоной нулевого химизма». Название выразительное, и прежде всего потому, что оно показывает: могут быть, оказывается, во Вселенной и такие условия, при которых всякая химия исключена.

Здесь царствует лишь одна физика. Мир, в общем, довольно скучный.

Вещество, атомы которого лишились электронов, переходит в металлическое состояние. При этом безразлично, принадлежали ли атомы металлам или неметаллам: давление всех уравнивает — и в свойствах и в правах. Электроны же собираются в своеобразный электронный газ; впрочем, для таких давлений правильнее говорить об электронной жидкости.

Читатель, помня, о чем рассказывалось в первой главе, вне всякого сомнения, отметит большое сходство геологических слоев нашей планеты с зонами Капустинского. Да, зона нормального химизма — это земная кора, зона «вырожденного» химизма — мантия, зона нулевого химизма — ядро. Смотрите, как элегантно химики подтверждают представления, к которым геологи пришли совсем «с другой стороны».

Представления о «вырожденной» периодической системе достаточно ясно показывают, что опасения насчет полного отсутствия неожиданностей в настоящих и грядущих путешествиях по космосу, мягко говоря, неосновательны. Скорее следует опасаться, что таких неожиданностей будет слишком много: если уж в пределах *одной* планеты может быть несколько периодических систем химических элементов, то легко представить себе, что на других планетах…

Ну вот, на этом можно и закончить рассказ о необычайной периодической системе. Но тут раздается радостный возглас

читателя-рационализатора (должен же быть среди читателей и такой!):

«Есть идея! Можно добывать «вырожденные» химические элементы, просверлив скважины, достигающие земной мантии!!!»

Предложение, конечно, заманчивое. Достигнуть хотя бы верхней границы мантии — трепетная мечта геологов. И мечта эта когда-нибудь свершится. Когда именно? Нет уж, увольте от прогнозов! Ясно только, что произойдет это не в ближайшие два-три года. А вот что до того, чтобы качать из мантии «вырожденные» элементы, то тут придется, чувствуя себя до некоторой степени ретроградом, плеснуть на костер энтузиазма ведро здравого смысла.

Многие, наверное, видели фотографии глубоководных морских рыб, только что вытащенных на поверхность. Зрелище, в общем, не из очень радостных. Рыбешка, которая на глубине своих родных трех километров имеет размер с ладонь, тут раздувается в устрашающий шар размером с мяч для игры в мотобол. Очень выразительная иллюстрация давно известной истины, что путь наверх далеко не каждому идет впрок…

Атом «вырожденного» калия, вытащенный на поверхность планеты, будет чувствовать себя не лучше, чем бедняга бентозаурус, — «девятый лишний» электрон будет вытолкнут на четвертую орбиту… и «вырожденный» калий прекратит земное существование, превратившись в обычный, менделеевский.

Можно, конечно, придумать какой-нибудь контейнер, в котором «вырожденные» элементы, зачерпнутые из мантии, будут сохраняться под соответствующим давлением. Но много ли радости держать в руках такой сосуд, не имея возможности вскрыть его так, чтобы содержимое безвозвратно не погибло?!

«На зеркало пенять…»

Среди 143 теорий о природе 1908 году Тунгусского метеорита есть и такая: этот небесный пришелец упавший в малонаселенном районе Подкаменной Тунгуски, представлял собою очень небольшой кусочек антивещества…

Многие явления в природе симметричны. Это положение следует понимать отнюдь не только в том смысле, что левая половина вашего лица неотличима от правой. Симметрия — это и ограненный природой кристалл, и равенство мужских и женских особей в большинстве биологических видов, и точное соответствие количества положительных зарядов в каком-либо теле количеству отрицательных. В самом деле, пусть в результате растворения определенного количества поваренной соли в воде образовалось 417227849593 положительно заряженных иона натрия. Можете не трудиться, пересчитывая количество отрицательных ионов хлора: их будет точно 417227849593. Если бы их образовалось…….592 или…….594, это означало бы нарушение такого количества законов физики и химии, что нам пришлось бы переучивать эти науки полностью, начиная с седьмого класса. Но прежде и более всего пострадал бы один из важнейших принципов физики — принцип симметрии.

А наносить даже минимальный моральный ущерб принципу симметрии как раз не хотелось бы — этот принцип и так имел достаточно оснований сетовать на судьбу: уж очень ему досаждало одно несоответствие. В самом деле, носитель элементарного положительного заряда протон по массе не равен носителю элементарного отрицательного заряда электрону. Будь это различие несущественным, то и тогда это означало бы чувствительный удар по принципу симметрии. А ведь протон в 1840 раз массивнее электрона. Это даже не удар, а прямо беспардонное избиение!

Грустная судьба принципа симметрии несомненно стала более отрадной, когда в 1932 году экспериментально было доказано существование позитрона — элементарной частицы с положительным зарядом и по массе равной электрону. Позитрон стал первым из вестников антиматерии в физике. Многое из того, что мы знаем об антивеществе, основано на изучении именно позитрона.

Как и положено антивеществу, позитрон в «этом мире», мире обычного вещества, не жилец. Рано или поздно[10] он сталкивается с электроном, и происходит явление, называемое аннигиляцией, — переход массы в кванты энергии, в данном

случае в кванты гамма-излучения. Да, обычное вещество и антивещество не могут существовать в контакте друг с другом сколько нибудь продолжительное время.

Очень хотелось бы подбросить такое сравнение: обычное вещество и антивещество — лед и пламя. Но это сравнение, которое, быть может, устроит лириков, безусловно вызовет возражения физиков. Еще бы, лед и пламя могут находиться в контакте на протяжении минут. А обычное вещество и антивещество, встретившись, через миллионные доли секунды уничтожат друг друга.

Поэтому, когда вы в каком-либо научно-фантастическом рассказе читаете, как один младший научный сотрудник, вернувшись из путешествия на далекую планету, сходит по трапу космолета, бережно прижимая к груди банку с кусочком антивещества, знайте, автор этого опуса сдавал экзамен по физике в девятом классе с решающей помощью шпаргалки.

Открытие позитрона, конечно же, имело принципиальное значение для всей проблемы антивещества. Хотя поиски других античастиц были сопряжены с трудоемкими экспериментами и потребовали очень сложного оборудования, физики знали, что рано или поздно эти античастицы будут найдены. Ведь это очень важно — искать что-то, зная наверняка, что это «что-то» существует. «Что-то» превратилось в совершенно реальные антипротон и антинейтрон.

Как и предсказывала теория, протон при контакте с антипротоном, а нейтрон при взаимодействии с антинейтроном аннигилируют. Аннигиляция здесь протекает несколько замысловатее, чем в случае пары электрон — антиэлектрон (позитрон).

Итак, физикам стали известны все основные «детали», из которых состоят атомы антиэлементов: антипротоны, антинейтроны и антиэлектроны. Из этих трех основных блоков можно сложить все разнообразие периодической системы антиэлементов. Но прежде надо было представить, хотя бы приблизительно, какими свойствами будут обладать эти антиэлементы. Одно свойство нам хорошо известно: при взаимодействии с обычными элементами антиэлементы будут аннигилировать. А если представить себе антиэлементы в их антимире, в окружении антиматерии? Каковы будут химические свойства антиводорода, антикислорода, антиурана? И вообще, какой будет периодическая система антиэлементов?

Читатель, по-видимому, предвкушает весьма интересный рассказ об этой системе «наоборот». И, конечно, имеет полное право на это. Если уж «вырождение» элементов приводило к

такой необычной периодической системе, то нетрудно представить себе, какой головоломный, с нашей точки зрения, вид должна иметь система, объединяющая антиэлементы!

Но рассказа о периодической системе антиэлементов не последует. Потому что по всем своим свойствам — и физическим и химическим — антиэлементы так же не отличаются от «обычных» элементов, как не отличаются друг от друга оригинал и его отображение в хорошем венецианском зеркале. И в самом деле, зачем им различаться, если и заряд и массы частиц, образующих атомы антиэлементов, ничем не отличаются от обычных частиц. А что до «анти», то надобно заметить, что «анти» они для нас, а для себя они совершенно обычные. Зато обычные для нас частицы и элементы — для них «анти».

Теперь уже понятно, что антисоединения, образованные антиэлементами, ничем не будут отличаться от обычных химических соединений. Антивода, образованная антиводородом и антикислородом, будет походить на обычную воду, как походят друг на друга две капли воды. А антикислота, взаимодействуя с антищелочью, будет образовывать антисоль. И антидезоксирибонуклеиновая кислота во всем будет походить на кислоту без «анти».

Да, когда человек попадает на планету, состоящую из антивещества, он будет очень разочарован, не обнаружив ничего, буквально ничего необычного, что хотя бы в малейшей степени оправдывало заманчивую приставку «анти»[11]. Впрочем, нет, не попадет человек на антипланету, разве только изобретут какую-нибудь замысловатую защиту от аннигиляции.

Но существуют ли они вообще — антипланеты? И антизвезды? Антигалактики? И как, рассматривая в телескоп какое-либо небесное тело или прощупывая его с помощью какого-либо другого прибора из числа тех, которыми так богата современная астрономия, определить, состоит это тело из обычного вещества или из «анти»?

О существовании любого объекта, в том числе и небесного, мы узнаем по тем квантам излучения, которое это тело нам посылает. Излучение может быть как собственным (Солнце), так и отраженным (Луна). Вовсе не обязательно, чтобы излучение было «видимым», то есть излученным с длинной волны, которая воспринимается человеческим глазом. Это могут быть и радиоволны, и рентгеновское излучение, и гамма-лучи. Не буду заводить читателя в дебри физики. Может быть, лучше просто привести цитату известного шведского ученого, члена АН СССР Г. Альвена, много занимающегося проблемой антивещества: «Если в пустом пространстве имеются две звезды, причем одна из них

состоит из обычного вещества, а другая — из антивещества, то мы не можем никаким образом отличить их друг от друга по испускаемому ими излучению». Сказано кратко, но весьма определенно. Неожиданно? После того, что мы узнали о тождественности свойств обычной материи и антиматерии, вряд ли неожиданно.

Одно уточнение: под словами «никаким образом» Альвен понимает, разумеется, методы изучения звезд (как, впрочем, и других объектов) на расстоянии. Подлетев же к какой-либо неизвестной планете, космонавты смогут очень просто разобраться в том, состоит ли планета из «нашего» вещества или из антиматерии. Для этого будет достаточно, находясь на круговой орбите, бросить вниз какой-нибудь ненужный предмет, скажем, пустой пакет из-под молока. Сильнейший взрыв при соприкосновении пакета с атмосферой, а в случае отсутствия таковой с поверхностью планеты будет означать одно: от этой планеты надо держаться подальше.

Но, может быть, я напрасно напускаю страху? Может быть, антивещества во Вселенной вообще нет? Что известно по этому поводу науке?

Сначала о наших окрестностях — о Солнечной системе. Луна, конечно, состоит из обычного вещества. Сегодня, после того как на ней побывали десятки аппаратов и экспедиции, это можно утверждать со стопроцентной определенностью. С такой же уверенностью мы можем говорить об «обычности» Венеры. Доброжелательное отношение нашей планетной соседки к советским аппаратам, пославшим нам снимки венерианских ландшафтов, тому достаточно яркое подтверждение. Из обычного вещества, вне всякого сомнения, состоят Венера и Марс, иначе при падении на них космических аппаратов (которые имели солидный вес в несколько десятков килограммов) наблюдались бы такие мощные взрывы, что их без труда можно было бы обнаружить в телескоп.

Солнце тоже состоит из обычного вещества. Помимо квантов различного рода излучений, Солнце выбрасывает также и материальные частицы. Это они, попадая в атмосферу, вызывают полярные сияния. Так вот, будь эти частицы из антивещества, полярные сияния имели бы такую яркость, которая затмила бы и полуденное Солнце.

Легко догадаться, что, будь Меркурий образован из антивещества, столкновение с ним «обычных» частиц солнечного излучения вызывало бы излучение такой 110 интенсивности, что эта планета выглядела бы на небосклоне не крохотной звездочкой, а яркой пылающей луной.

Итак, можно утверждать, что наше светило и ближайшие планеты от Меркурия до Марса включительно состоят из вещества того же сорта, что и земное. Относительно остальных планет — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона — пока что ничего категорично сказать нельзя. Но поскольку астрономы убеждены, что все планеты образовались одновременно и из одного «строительного материала», то с большой долей вероятности можно утверждать, что вся Солнечная система состоит из «обычного» вещества.

Это обстоятельство придает вопросу, существует ли антивещество вообще, четкую интонацию сомнения. Если уж во всей громадной Солнечной системе не сыскать антивещества, то какие основания надеяться, что в других областях Вселенной будет это антивещество? Сам же, дескать, говорил, что законы универсальны для всех областей Вселенной!

Конечно, сегодня отвечать на заданный вопрос с какой-либо категоричностью невозможно. Можно лишь *предполагать*. До сих пор науке еще не приходилось сталкиваться с нарушением принципа симметрии. Если этот принцип распространяется на всю Вселенную в целом, то следует считать, что *половина* материи Вселенной — это антивещество. Вопрос только в том, рассеяно ли антивещество более или менее равномерно во Вселенной (скажем, так: одна галактика — из обычного вещества, другая — из антиматерии) или *все* обычное вещество сосредоточено в одной области Вселенной, а *все* антивещество — в другой. Если верно первое предположение, то у человечества имеется надежда обнаружить при будущих межпланетных путешествиях «антимир». Если же справедливо второе, то надежд на открытие «антимира», боюсь, мало: «та» часть Вселенной от нас так невообразимо (очень точное в данном случае определение!) далека, и надеяться на то, что человек туда проникнет, трудно.

Что ж, смиримся с тем, что «антимир» не только не удастся «пощупать», но даже с тем, что пока мало надежды узнать, существует ли он вообще. Но нельзя ли создать «антимир» на Земле? Разумеется, никто не ставит этот вопрос в такой плоскости, что физики должны приступить к производству тонн антиводорода и антикислорода. Да и где их хранить, эти килограммы? Но ведь и отдельные атомы антиэлементов получить — и это было бы интересно!

Армия водородов

«Армия» здесь, конечно, явная гипербола. Впрочем, назвав это содружество «ротой», мы тоже впали бы в преувеличение. И вообще, что такое водород во множественном числе?

Водород… Первый элемент периодической системы. Ядро — один-единственный протон, на орбите — один-единственный электрон. Просто, очень просто. Настолько просто, что эту простейшую систему протон — электрон так и называют — ПРОТИЙ («простейший»). Заметьте: протий, а не водород. Потому что элемент, в ядре атома которого, помимо протона, имеется еще один нейтрон, — это тоже водород, но, чтобы как-то различать эти изотопы, такой элемент называется ДЕЙТЕРИЕМ. А во второй главе шла речь еще об одном изотопе водорода, у которого на один протон приходится два нейтрона и который называется ТРИТИЕМ.

Три — числительное, которое, безусловно, дает право применять к слову «водород» множественное число, но это, конечно, никак не армия, это даже не отделение. Но ведь и это еще не рассказ, а только присказка.

Давно миновали в физике, можно сказать, патриархальные времена, когда были известны только три элементарные частицы — электрон, протон и нейтрон. А сейчас… Позвольте, впрочем, привести цитату не из научного журнала, где на целую статью приходится всего три слова: «известно» и «как очевидно», все же остальное — формулы, а из научно-популярного журнала «Наука и жизнь» (за 1974 год): «Интересна следующая особенность каонных реакций. Когда каон сталкивается с ядром, он иногда превращает нейтрон в нейтральный лямбда-гиперон, образуя так называемое гиперядро».

Многое понятно? Не думаю.

Сегодня известно уже такое обширное число различных элементарных частиц, что физики пытаются создать периодическую систему элементарных частиц, без которой разбираться во всем этом изобилии становится трудно. Можете не беспокоиться — я не собираюсь перечислять все эти частицы. Упомяну лишь некоторые из них (предупреждаю: читатель будет иметь случай поупражняться в греческом алфавите!).

Известно большое число элементарных частиц, которые объединяются одним термином — мезон (слово «мезо» означает «между»). По массе мезоны превышают электрон, но уступают протону. Например, пи-мезон в девять раз легче протона, мю-мезон легче протона в семь раз, а ка-мезон — вдвое. Физики

придумали этим мезонам очень благозвучные имена: пион, мюон и каон (есть и д'Артаньян — гиперон!). Известны положительные и отрицательные (не литературные персонажи, а частицы) мезоны.

И вот представьте себе такой атом: ядро — протон, а на орбите — отрицательный пион, или мюон, или каон.

Впрочем, зачем прибегать к воображению, если физики уже получили атомы таких необычных водородов.

Правда, водороды эти очень неустойчивы и быстро распадаются, но они существуют.

Если химические свойства обычных изотопов водорода почти неразличимы, то «мезонные» водороды ведут себя весьма своеобразно. Вот, например, протонно-пион-ный водород. Пион в 273 раза тяжелее электрона. Для того чтобы оторвать пион от протона, требуется затратить энергии значительно больше, чем в случае протия. А это означает, что если бы протон-пион-ный водород встретился с хлором, то он (водород) еще подумал бы, образовывать ему с хлором хлористый водород или нет. И, надо полагать, результаты этого размышления оказались бы чрезвычайно неприятными для хлора, ибо такой водород не нашел бы в себе сил расстаться со столь прочно привязанному к протону пионом, а хлор, привыкший иметь дело с гораздо более податливым электроном, покрутившись около необычного водорода, удалился бы несолоно хлебавши. Для разъяснения ситуации добавлю, что особенно много времени на размышления у протон-пионного водорода не было бы, поскольку живет-то он всего 10^{-11} секунды (хотя по атомным масштабам времени это не так уж мало).

Теперь примемся за протон. Будем заменять его. Деталями для замены будут служить все те же мезоны, но уже, разумеется, положительные. При такой замене получаются водороды: МЮОНИЙ, ПИОНИЙ, КАОНИЙ. Эти водороды тоже не бог весть какие жильцы на этом свете: они распадаются за время 10^{-6} — 10^{-8} секунды. Поэтому изучать химию этих атомов трудно. Можно лишь сказать, и этого будет достаточно, что химия этих водородов очень необычная.

В нашей уже сильно разросшейся команде водородов можно различать тяжеловесов, средневесов и легковесов. К числу первых, несомненно, относится протон-каон-ный водород (К-мезон всего вдвое легче протона). В будущем, по-видимому, появятся уже совершеннейшие мастодонты среди водородов — дейтерий-каонный и тритон-каонный, то есть ядра дейтерия или трития с К-мезоном вместо электрона. К легчайшим относится водород, называемый ПОЗИТРОНИЕМ: ядро — позитрон, на

орбите — электрон. Это, так сказать, шпиц по отношению к тритон-каон-ному сенбернару. Если последний — самый тяжелый из водородов, то позитроний — самый-самый легкий. А к самым-самым интерес, как известно, повышенный. Поэтому и знаем мы о позитронии больше, чем о каком-либо другом из необычных водородов.

Живет позитроний, как и остальные «ненормальные» водороды, очень недолго: от одной стомиллиардной до одной стомиллионной доли секунды. Оно и понятно: позитрон и электрон рано (10^{-10} секунды) или поздно (10^{-7} секунды) аннигилируют. Но и за это время позитроний успевает продемонстрировать много особенностей, которые позволяют судить о химических свойствах этой разновидности водорода.

Итак, сколько различных водородов можно уже насчитать? А ведь это далеко не предел. Теоретически возможны, а следовательно, рано или поздно будут обнаружены экспериментально водороды с другими отрицательными либо положительными мезонами — со всякими кси, омега и другими буквами греческого алфавита.

И не забудьте все эти водороды умножить на 2, потому что каждый из них может существовать в антиварианте. Как видно, не такая уж это гипербола слово «армия»! Пожалуй, только для всех этих водородов надо создавать отдельную систему, не то не разберешься.

Чтобы представить себе все разнообразие «необычных» элементов, более тяжелых, чем водород, нет необходимости прибегать к математическим формулам. Достаточно вообразить, скажем, атом гелия, у которого сначала первый из двух электронов замещается на мезон, затем замещается и второй электрон, а потом начинают попеременно варьироваться и сами мезоны, и не только отрицательные — на орбитах, но и положительные — в ядре; а ведь у гелия еще существуют различные изотопы, так что эти вариации можно проиграть с каждым из них, да еще… Да, нетрудно и запутаться. А ведь это гелий, всего лишь гелий. Представляете, сколько вариантов возможно, если, скажем, всю эту игру провести с железом, или оловом, или — страшно подумать! — с ураном!

Конечно, основной преградой в получении «необычных» элементов — их весьма малый срок жизни. Но, возможно, удастся создать условия, при которых эти атомы будут жить дольше, а может быть, и совсем долго. А если такие условия может создать человек, то не создала ли их уже где-нибудь природа? А если природа создала… Но мы уже незаметно отчалили от берега научного прогноза и понеслись по устланному камнями руслу

фантастики, вернее, фантазирования.

И тем не менее можно думать, что в ближайшие десятилетия конструирование «необычных» элементов станет важнейшей задачей ядерной физики и ее ближайшей сотрудницы по алхимическим делам — ядерной химии. А там, глядишь, появятся в газетах объявления: «…Институту требуется инженер-конструктор химических элементов». Вот это уже не фантазирование.

Окончание

…потому что фтор всюду будет фтором, даже на шестой планете УОЯК. Двойка, двойка и еще раз двойка! Придете, то есть проаннигилируете в следующий раз. А еще Розину петь захотел! Прощайте, Семнадцать-восемнадцать!

ГЛАВА IV

В которой рассказывается, чем топят Солнце; описывается жизненный путь звезды Суирис; приводятся сведения о крепких напитках, обнаруженных в просторах космоса, и, наконец, следует поучительное повествование о ледяном метеорите.

Производственное совещание

Пьеса в одной картине

ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА

Инда Великий — главный диспетчер Галактики.

Щас — заведующий звездной ассоциацией пояса Ориона. Вона — начальник цефид.

Седни — прораб созвездия Лебедь.

Кубыть — его преемник.

Щас. …и систематически срывает подвоз мазута. А дрова-то, дрова какие? Неизвестно, чего в них больше — дров или воды.

Инда Великий. Значит, так, Щас: обошли тебя углем, обидели дровами, осиротили мазутом? Ты думаешь, я стану показывать тебе накладные? Думаешь, буду спрашивать, сколько горючего осталось у тебя на конец тысячелетия? Как бы не так! Все знают, что у тебя неоприходованного мазута столько, что ты излишки выливаешь в межгалактическое пространство и мало того, что засоряешь окружающую пустоту, но еще пытаешься выдать эти мазутные облака за «черные дыры». Нет, Щас, я тебя об этом спрашивать не буду. Я спрошу у тебя, где ты был, когда у тебя в хозяйстве погасли две звезды, две замечательные звездочки — не какие-нибудь старые карги класса М, а молоденькие, почти что девчушки, бело-голубые красавицы класса В.

Вона *(подхалимски).* Предлагаю почтить память усопших вста…

Инда. Не торопись, Вона, не спеши. Мы уж сразу почтим память и двух сироток, и твоей должности!.. Я знаю все, Щас: и то, где ты был, когда погасли звезды, и почему Вона пытается заморочить мне голову. И хочу предупредить в последний раз: если вас еще раз заметят в рабочее время в окрестностях Водолея, то… В общем, ты сам знаешь, что на рудниках по добыче антиматерии всегда найдутся места. А теперь послушаем уважаемого Седни. Он расскажет нам, что слышно в его образцовом созвездии Лебедя.

Седни *(понурив голову, молчит).*

Инда. Что же ты молчишь, безупречный Седни? Ведь ты же ни в чем не виноват. Не так ли, Седни?

Седни *(уныло кивает).*

Инда. Мы это знаем, благородный Седни. Это все истопники. Это они, хватив лишку плазмы, улеглись почивать, не позаботившись закрыть мазутные вентили. Это из-за них в созвездии Лебедя вспыхнула Сверхновая на восемь миллионов лет раньше срока. Из-за них, супостатов! А ты ведь не виноват, честный Седни?

Седни *(перестает дышать)*.

Инда. Да и как тебя виноватить, великолепный Седни, когда в момент катастрофы тебя в Лебеде не было и в помине! Ты ведь в это время бескорыстно ремонтировал пульсар в созвездии Геркулеса?

Седни *(с надеждой)*. Квазар в созвездии Возничего.

Инда. Да, да. конечно, квазар. И давно ты стал специалистом по квазарам? Может быть, ты заочно окончил академию и скрываешь это из скромности, которая давно стала твоей второй натурой?

Седни (*снова перестает дышать)*.

Инда *(совсем ласково)*. Так вот, Седничек, ты сейчас отдашь печать и ключ от персональной ракеты своему преемнику. Я не хочу отрывать тебя больше от любимого занятия. Отныне ты можешь ремонтировать квазары, сколько тебе заблагорассудится. Кубыть!!!

Кубыть. Я здесь!!

Инда. Не так громко. Кричать здесь положено только мне. Кубыть, отныне ты — прораб созвездия Лебедь. Даю тебе три месяца сроку. За это время погасишь Сверхновую. И знай: если хотя бы миллиард тонн водорода упустишь, то… Словом, сам видишь: я тебе не теща и миловать не стану.

Кубыть. Грамма не упущу! *(К Седни.)* Гони регалии!

Инда. Прошу запомнить намертво: мне приказано покончить с либерализмом. И я с ним покончу! А для этого, коли понадобится, покончу с каждым из вас. Если у кого-нибудь в хозяйстве погаснет… да что там погаснет — перейдет в другой спектральный класс хотя бы одна звездочка или, не приведи, вспыхнет незапланированная Новая, тот до конца света будет обстригать протуберанцы на самых захудалых переменных звездах. Понятно?

Все *(хором)*. Куда уж понятнее!

Инда. А теперь слушайте мой приказ. С будущего квартала начинаем перевод всех звезд главной последовательности на атомную энергию, потому что…

[Продолжение на стр. 142]

«Березовый кругляк» Солнца

Все дело в том, что атомная масса водорода 1,008, а атомная масса гелия 4,0030.

Пока вы читали эту фразу, Солнце потеряло 9 миллионов тонн своей массы. Нет, я не ошибся, все написано правильно, а вот пока вы недоверчиво перечитывали предыдущую фразу и читали эту, масса нашего светила уменьшилась еще на десяток миллионов тонн, потому что ежесекундно — ежесекундно! — Солнце теряет 4,5 миллиона тонн своей массы. И все из-за того, что атомная масса водорода 1,008, а гелия — 4,0030.

У кого-то, возможно, мелькнула шальная мысль: а может быть, и впрямь на Солнце горит березовый кругляк? Ведь такой уймищей топлива — почти 400 миллиардов тонн в сутки — можно не только тропики нагреть до тропической температуры, но и, пожалуй, поуменьшить количество льда в Ледовитом океане. Возможно, это и так, не считал! Но ведь из того тепла, которое выделяет Солнце, на нашу планету попадает около пяти стомиллионных долей процента. Иными словами, из того «топлива», чт$_x$о «выгорает» на Солнце, на долю Земли приходится за сутки около 170 тонн. Но 170 тонн березовых дров не хватило бы даже на то, чтобы как следует натопить Дворец спорта в Лужниках. Но, во-первых, не случайно слова «топливо» и «выгорает» взяты в кавычки. А во-вторых, в наше время и четвероклассник знает, что источник солнечной энергии — процессы не химические, а ядерные.

Но то, что сегодня для отличника из 4-го «Б» — обыденная истина, вчера было предметом самых оживленных дискуссий. Разумеется, никто не предполагал, что на Солнце горят уголь или нефть — если такая мысль кому-либо и приходила в голову, то тут же поспешно удалялась, если, конечно, у хозяина было хотя бы минимальное критическое отношение к навещающим его идеям.

Майер считал, что Солнце разогревается от ударов падающих на него метеоритов.

Гельмгольц предположил, что Солнце выделяет энергию, сжимаясь под действием собственного поля тяготения.

Джинс выдвинул идею о том, что в недрах Солнца распадаются еще неизвестные в то время науке зауарановые элементы.

Затем тот же Джинс изменил свою точку зрения и выдвинул гипотезу о том, что на Солнце происходит взаимное уничтожение протонов и электронов.

Все эти предположения сводил на нет главный недруг любой неверной гипотезы (и самый близкий приятель любой хорошей теории) — расчет. И то сказать, по расчету плох только брак. Во всех остальных случаях, начиная от игры в поддавки и кончая разработкой космогонических теорий, без расчета не обойтись.

Не буду рассказывать о том, почему именно не выдержали испытания расчетом предположения Майера, Гельмгольца, Джинса и многих других, пытавшихся разгадать природу источника энергии, выделяемой Солнцем: зачем лишний раз низвергать гипотезы, уже развенчанные другими?!

С помощью спектрального анализа химический состав Солнца был изучен давно и с большой доскональностью. Три четверти массы светила приходится на долю водорода, 24 % составляет гелий и лишь один, от силы два процента массы Солнца составляют все остальные элементы. Как видите, не случайно в первой же фразе этой главы я упомянул и водород и гелий. Потому что в данном случае все дело в них или, как справедливо было отмечено, в том, что атомная масса водорода равна 1,008, а атомная масса гелия — 4,0030. А чтобы быть совсем точным, следует отметить: все дело в том, что атомная масса гелия немногим меньше, чем учетверенная атомная масса водорода. В самом деле 1,008 x 4 = 4,032. Можно наполнить эти пока что безразмерные числа вполне конкретным содержанием: отмеченное различие (4,032—4,003) означает, что 1 грамм-атом гелия весит на 0,029 грамма меньше, чем 4 грамма-атома водорода.

Надеюсь, не последует вопроса: «Ну и что?» Потому что и четвероклассник и, уж конечно, все, кто постарше, знают, что на Солнце водород превращается в гелий и дефект массы, сопровождающий это превращение, и есть источник солнечной энергии. Каждый, кто задастся целью провести расчеты с помощью главного уравнения теории относительности ($E = mc^2$), убедится, что 0,03 грамма массы соответствует громадному количеству энергии. Ну, а 4,5 миллиона тонн массы… Словом, теперь уже понятно, почему светит и греет Солнце.

Солнце без малейших натяжек можно назвать водородной печкой, в которой водород, сгорая, превращается в золу — гелий. Конечно, правоверный химик поморщится, услышав, как глагол «гореть» применяют для описания процесса, не имеющего ничего общего не только с реакцией восстановления кислорода, но и вообще с химией. Ну, а во всем остальном аналогия безупречна.

Сама реакция «горения» предельно проста:

4H = He.

Но это простенькое уравнение, может быть, устроит шестиклассника, но уже для эрудита-девятиклассника оно, безусловно, недостаточно. Собственно говоря, для осуществления написанной реакции должны столкнуться не атомы водорода, а атомные ядра, то есть протоны.

И тут-то выходит неувязка. Не в том даже дело, что вероятность столкновения в одной точке одновременно четырех протонов очень мала (примерно такого же порядка, что и выигрыш «Москвича» по денежно-вещевой лотерее). И не в том закавыка, что протоны эти должны столкнуться с довольно высокой скоростью. А в том дело, что четыре одноименно заряженных протона, подходя друг к другу, будут думать не столько о том, как слиться в ядро гелия, а о том, как бы побыстрее разойтись. Причина — все тот же Кулон!

Надо полагать, что реакция образования гелия из водорода так бы и не пошла, если бы не незначительная примесь углерода, который присутствует в солнечном газе. Потому что вначале водород взаимодействует именно с углеродом:

$$C^{12} + H^{1} = N^{13}.$$

При этой реакции, как видим, образуется изотоп азота с массовым числом 13. Изотоп радиоактивен и быстро распадается, выбрасывая позитрон. Масса при этом не изменяется, а вот порядковый номер, конечно, уменьшается на 1, и, следовательно, образуется изотоп углерода-13. Дальше в игру снова вступает протон:

$$C^{13} + H^{1} = N^{14}$$

Образовавшийся азот взаимодействует с очередным протоном:

$$N^{14} + H^{1} = O^{15}.$$

Кислород-15 радиоактивен: выбрасывая позитрон, он превращается в азот-15. И именно с этим изотопом разыгрывается заключительный этап цепочки превращения:

$$N^{15} + H^{1} = C^{12} + He^{4}.$$

Давайте проанализируем все эти реакции. Прежде всего обратим внимание на углерод. Хотя сравнение с птицей Фениксом, безусловно, относится к числу наиболее эксплуатируемых, но здесь, право, ничего лучшего не придумаешь. Действительно, какие только превращения не

претерпевал этот углерод-12! Становился своим собственным изотопом, и превращался в азот, кислород, но в конце концов воскресал!

А результат? Результат написан выше: четыре ядра атома водорода (посчитайте, сколько протонов участвует в приведенных реакциях) превращаются в ядро атома гелия.

У химиков имеется предельно точное обозначение роли, которую здесь играет углерод-12: катализатор. Оказывается, существуют катализаторы не только химических реакций, но и ядерных. И в данном случае я не стал бы пенять на природу за отсутствие разнообразия.

Вообще думаю, человеку на природу жаловаться не приходится. Вот природа на человека сетовать может. Но это разговор совсем для другой книги.

«Пусть всегда будет Солнце!»

К этому возгласу из прекрасной песни А. Островского я присоединяюсь всей душой (особенно к ее словам, где говорится о маме…). И тем не менее я рискую поссорить поэзию с астрофизикой (хотя, видит бог, мне этого очень не хочется!), отметив, что этому прекрасному пожеланию сбыться не суждено. Нет вечных материальных тел во Вселенной. И Солнце, как бы нам этого ни хотелось, исключением здесь не является.

Категорически отвожу возможные упреки в упадочничестве. Разве признание того, что все живое смертно, заставляет нас предаваться унынию? Да и не может, не должна быть пессимистической никакая позиция, основанная на признании объективных законов природы.

Прежде всего следует выяснить, не несет ли на себе Солнце какую-либо печать исключительности. Конечно, светило, которое даровало человечеству жизнь и поныне всеми силами поддерживает ее, достойно любой степени необычности! Но — увы! — ничего из ряда вон выходящего в свойствах Солнца обнаружить нельзя: заурядная звезда, и только!

Положение? В периферийной области Галактики.

Масса? Не очень малая — бывают звезды и поменьше, но и не очень большая — бывают светила куда больше. Можно сказать, что звезд по массе, близких к Солнцу, в видимой части Вселенной, пожалуй, большинство.

Температура? В общем, тоже не особенно высокая, но и далеко не низкая. Впрочем, как раз о температуре звезд следует поговорить подробнее.

Как и у человека, температура звезды красноречиво свидетельствует о ее состоянии. Поэтому астрономы подразделяют звезды на восемь классов, кладя в основу классификации температуру поверхности. Вряд ли стоит перечислять признаки каждого из классов. Скажу только, что температура поверхности звезд изменяется в очень широких пределах.

Слова о связи температуры с состоянием звезды — вовсе не литературный прием. Эти параметры действительно тесно взаимосвязаны. И это для нас, пожалуй, интереснее всего.

Чтобы у читателя не создалось впечатления, что все последующие рассуждения касаются только Солнца, будем говорить не о нем, а о какой-то отвлеченной, но похожей на Солнце по массе и химическому составу звезде по имени, скажем, Суирис. Такой звезды нет в астрономических каталогах, но

поскольку Вселенная бесконечна, то должна же быть где-то звезда Суирис!

Какими бы астрономическими — вот уж подходящее для этого случая слово! — числами ни выражались запасы водорода на звезде, рано или поздно он должен «выгореть» (зная, что применение этого слова к ядерному процессу должно царапать слух правоверных химиков, я, следуя физикам, буду все же применять именно этот термин, причем даже не прибегая к кавычкам). Да и как не выгореть, если на Суирисе ежесекундно — ежесекундно! — миллионы тонн водорода превращаются в гелий.

Примерно через 10–12 миллиардов лет Суирис процентов на восемьдесят будет состоять из гелия, который соберется в центре звезды, образуя плотное ядро. К этому времени возникнет громадный перепад температур между наружной оболочкой звезды, которая резко охладится по сравнению с нынешней поверхностью Суириса, и ядром, которое из-за сильного сжатия нагреется до 100 миллионов градусов. При такой температуре начинается процесс, об искусственном осуществлении которого физики пока что могут только мечтать, — синтез углерода из гелия:

$$3He = C.$$

При такой температуре гелий активничает вовсю и поэтому, присоединяясь к углероду, образует кислород. Затем тот же гелий переводит кислород в более высокий ранг неона; он же дарует затем неону звание магния (реакций не привожу — взглянув на таблицу Менделеева, можете убедиться, что здесь все достаточно просто). На этом изменение химического состава Суириса временно прекращается: дальнейшие ядерные превращения, связанные с образованием более тяжелых элементов, требуют более высокой температуры ядра. И это повышение не замедлит последовать. Но тут надобно отметить одно обстоятельство…

Все эти прелюбопытные процессы протекают в ядре звезды. А оболочка светила тем временем охлаждается все больше. И вот уже на вращающиеся вокруг Суириса планеты падает тепла впятеро, вдесятеро, в сотни раз меньше. Население планет вынуждено перейти на ядерные источники энергии (сырье для них еще сохранилось на планетах), либо зарываться поглубже в недра планет (если эти недра к тому времени не остыли), либо строить громадные ракеты и искать другую подходящую планетную систему.

Ничто не вечно под… Впрочем, эту не мною придуманную сентенцию я уже высказывал. Да, придет время, выгорит на Суирисе и гелий, а ядро сожмется еще больше. Поэтому

температура поднимется еще выше и достигнет порядка миллиарда градусов. При такой температуре становится уже возможным дальнейшее присоединение ядер гелия (альфа-частиц) к химическим элементам: магний с гелием дает кремний, кремний — серу, сера с гелием образует аргон, аргон с гелием рождают кальций, а кальций с гелием — титан.

Вот, оказывается, как рождаются химические элементы. Вот как они развиваются. И это объясняет многое, хотя бы… Но тут снова, в который раз, вмешивается читатель-скептик.

— Написать можно все, что угодно! А доказательства какие у вас? Кто заглядывал внутрь тех звезд температурой в миллиард градусов?! — вопрошает скептик хотя и немного устало, но все еще достаточно въедливо.

Ответ читателю-скептику не будет особенно велеречивым. С помощью спектрального анализа все перечисленные элементы удается обнаружить на звездах. Более того, звезда Альдебаран (да, та самая, с одной из планет которой произошло столь трагикомически завершившееся вторжение на Землю, о чем рассказал в великолепном рассказе «Вторжение с Альдебарана» С. Лем) состоит в основном из магния и кальция, других элементов на ней совсем немного: спектрографы застали эту звезду как раз в тот «момент», когда она вступила в магниевокальциевый возраст. А вот звезда Бетельгейзе немного постарше — она состоит преимущественно из титана.

Итак, на Суирисе образовались уже довольно тяжелые (по сравнению с исходными водородом и гелием) элементы, и ядро звезды поэтому уплотнилось еще больше, а следовательно, возросла температура, достигнув трех миллиардов градусов (прошу оценить тот литературный аскетизм, с которым я называю температуры в сотни миллионов и миллиарды градусов, не прибегая при этом к эпитетам превосходной степени; впрочем, как увидит читатель, на эту сдержанность у меня имеются причины). При такой температуре довольно быстро образуются — опять-таки путем последовательного присоединения альфа-частиц — элементы, находящиеся на вершине энергетической кривой (вспомните первую главу): железо и примыкающие к нему металлы.

Впрочем, при трех миллиардах градусов начинают идти многие процессы, в которых главным действующим лицом выступает уже не гелий, а значительно более тяжелые ядра. Так, например, протекает процесс, называемый в астрофизической литературе термином, от которого каждого правоверного химика хватил бы удар и который тем не менее достаточно строг и логичен: «горение кислорода». Но ведь речь идет действительно о

слиянии ядра атома кислорода с ядром атома… кислорода!

Образование элементов группы железа может считаться высшей точкой расцвета звезды — еще бы, она создала наиболее энергетически выгодные элементы. Дальнейший процесс синтеза элементов на звезде может идти только за счет поглощения, но не выделения энергии — отныне звезда начинает тратить то, что она накапливала в течение многих миллиардов лет. И, как это бывает почти всегда, сбережения расходуются быстрее, чем накапливаются. Отныне звезда начинает вести счет не на миллиарды лет и даже не на миллионы — на циферблате звездных часов теперь тысячи, а затем и сотни лет.

Возникновение «железных» элементов еще более утяжеляет ядро Суириса, сжатие же ядра по уже привычной для нас схеме ведет к еще большему повышению его температуры и к понижению температуры продолжающейся расширяться оболочки. Поэтому для нас, земных наблюдателей, звезда все более «мрачнеет», становится все холоднее. Глядя на такую звезду, и не подумаешь, какие страсти бушуют в ее ядре. Слово весьма уместное, особенно если применять его в изначальном смысле. Ведь можно испугаться уже самого числа, которым выражается температура ядра: 6 миллиардов градусов!

При такой температуре кванты энергии, частицы гамма-излучения, пронизывающего ядро звезды, приобретают такую скорость, что, сталкиваясь с ядрами элементов, выбивают из них протоны, нейтроны, а то и альфа-частицы. И это уже не те «кроткие» альфа-частицы, какими они были при звездном морозе в несколько сот миллионов градусов, это яростные, неистовые снаряды, которые вместе с юркими нейтронами и протонами быстро расширяют ассортимент химических элементов вплоть до самых пограничных, то есть до урана и соседних с ним элементов (кстати, уран был недавно обнаружен с помощью спектрального анализа на одной из звезд в созвездии Рыб).

Образование тяжелых — на этот раз уже без всякого сравнения — элементов также подтверждено экспериментально, причем с не часто встречающейся даже в выдающихся открытиях убедительностью.

В 1952 году на одной из звезд был обнаружен элемент № 43 — технеций. Казалось бы, что тут такого — элемент как элемент. А вот не «как элемент». Это сегодня в клетке № 43 значится химический символ Тс, а лет сорок назад в этой клетке стоял лишь унылый вопросительный знак: элемент № 43 тогда не был еще известен. Тогда еще не знали, что все попытки отыскать 43-й на Земле обречены на неудачу, потому что технеций успел уже давным-давно исчезнуть с нашей планеты. Все изотопы этого

элемента радиоактивны, причем самый долгоживущий изотоп имеет период полураспада около двух миллионов лет, в масштабе времени жизни Земли — миг. Все эти обстоятельства выяснились, когда технеций был синтезирован физиками; искусственное происхождение этого элемента, кстати, отразилось в его названии.

Два миллиона лет, земной миг, для Вселенной вообще нечувствительный промежуток времени. Поэтому открытие технеция на звездах означает одно: этот элемент образуется сейчас, сиюсекундно. Стало быть, пути развития элементов на звездах — не просто изящная схема, придуманная физиками. Справедливость этой схемы нам демонстрируют звезды.

Но, пожалуй, самым ярким подтверждением торжества идей о развитии элементов во Вселенной служит открытие на звездах другого земного «мистера Х» — 61-го элемента, прометия. Этот элемент, подобно технецию, тоже не существует на Земле, потому что самый долгоживущий из изотопов прометия, всех до единого радиоактивных, прометий-145, имеет период полураспада уж совсем нечувствительно малый: 18 лет[12].

Прометий был обнаружен на звезде с казенным названием Н 465. Находится эта звезда в созвездии Андромеды и по всем внешним признакам сформировалась в нынешнем своем облике совсем недавно — каких-нибудь 100 миллионов лет назад. Если бы прометий был в составе «строительного материала» звезды при ее образовании, то к нашему времени от него не осталось бы и воспоминания. Поэтому не приходится сомневаться: прометий вместе с другими элементами образуется на звездах сейчас, сию секунду.

Итак, на Суирисе образовался весь ассортимент тяжелых элементов. Легкие элементы почти полностью выгорели, и скопление элементов-тяжеловесов приводит к тому, что, как в четвертом акте оперы «Кармен», с нарастающей скоростью надвигается трагический финал. В общем, температура звездного ядра приближается к чудовищной величине 20 миллиардов градусов. Раз я тут решился употребить эпитет, да еще такой, «превосходнее» которого придумать нельзя, стало быть, температура действительно подошла к своему верхнему пределу — да и то сказать, всему наступает конец, даже повышению температуры на звездах. При 20 миллиардах градусов начинается процесс, полностью обратный тому, который шел на Суирисе миллиарды лет: атомные ядра распадаются на протоны и нейтроны, и… звезда перестает существовать.

Сильнейший взрыв, не соизмеримый по силе ни с какими иными процессами, протекающими в природе, разбрасывает

вещество звезды, разбивает атомы водорода (а ведь протоны и быстро превращающиеся в них нейтроны — это ядра атомов водорода) и не успевшие разложиться в горячей — на 20 миллиардов градусов — печи элементы. Астрономы с радостью фиксируют появление ярчайшей звезды там, где еще вчера на небосклоне не было видно ничего либо еле-еле мерцала тусклая оболочка умирающей звезды (оболочка-то ведь совсем остыла!), а сегодня ослепительно — даже на расстоянии многих сотен световых лет! — сияет звезда, которую уважительно именуют с большой буквы — Сверхновая.

Каждая Сверхновая — не просто астрономический объект, пусть и очень интересный. Сверхновая — это… Но тут следует сделать отступление, не лирическое, нет — философское.

Прежде всего с признательностью вспомним философов-материалистов, философов-марксистов. Они давно установили два пути развития процессов в природе: эволюционный (постепенный) и революционный (резкое изменение). Медленно, невообразимо медленно, даже по часам Вселенной, стрелка которых отсчитывает не секунды, а миллиарды лет, идет процесс образования химических элементов на звезде. Постепенно происходит переход одних элементов в другие, постепенно расширяется перечень элементов, составляющих звезду, постепенно изменяется температура: у ядра повышается, у оболочки понижается. Все это типичные примеры эволюционных процессов.

Но вот — ВЗРЫВ!!! За секунды, на этот раз уже не по часам Вселенной, а по нашему, земному, времени, все многообразие химических элементов, накапливающихся на звезде миллиардами лет, превращается в осколки — атомы водорода, среди которых лишь как ничтожная примесь встречаются редкие атомы более тяжелых «заводородных» элементов (впрочем, в весовом отношении этих «заводородных» столько, что хватает, и даже с избытком, на постройку планетной системы со всеми атрибутами: многими планетами, их спутниками, астероидами, метеоритами…). Это путь революционный[13].

И сразу же за этим философским обобщением приходит грустная мысль: выходит, все зря, выходит, природа напрасно трудилась миллиарды лет, напрасно созидала сложные химические элементы. И все это лишь для того, чтобы за секунды — за секунды! — замечательные творения природы рассыпались впрах, дав жизнь только до обидности простенькому водороду?!

Нет, не надо сожалеть об уходящем лете, глядя на опадающий осенний лес. И пусть сейчас на дворе зябкая зима, но

именно она — предвестник грядущей весны.

Не стоит сожалеть о погибающем зерне, высеянном в тучную почву, — ведь это зерно даст жизнь колосу.

И не скорби достойна смерть ради жизни, а уважения и признательности.

Надобно сказать, что поначалу к теории развития элементов на звездах многие ученые отнеслись кто настороженно, а кто и резко отрицательно. Не будем бросать этим ученым традиционные обвинения в ретроградстве, в узости мышления, в нежелании, неумении, близорукости и т. д., и т. п. Приклеивание ярлыков никогда и ни при каких условиях не может считаться лучшей формой научной дискуссии.

Все дело в том, что поначалу эта теория абсолютно недвусмысленно, я бы сказал, даже настойчиво утверждала неизбежность, неминуемость… конца мира.

Что — неожиданно?

Но в наш стремительный, насыщенный бурными научными событиями век, начиная исследования по некоторым тонким вопросам строения атомных ядер, нельзя быть уверенным, что в конце концов не придешь к проблемам возникновения и конца Вселенной, то есть к тем вопросам, которые испокон века были в компетенции только святой церкви и иных бойких лекторов районных отделений общества «Знание».

На первых порах теория развития элементов располагала лишь одним твердо установленным фактом: чем старше звезда, тем выше порядковый номер составляющих ее элементов. Этот факт был настолько бесспорным, что можно было, установив возраст звезды, например, по температуре ее оболочки, давать уверенный и почти всегда подтверждающий прогноз о ее химическом составе. Столь же непринужденно решалась и обратная задача: изучив спектр звезды и установив, из каких элементов она состоит, можно было обоснованно судить о том, каков возраст звезды.

Действительно, если преобладающий элемент звезды водород с незначительной подмесью гелия, то эта звезда совсем молодая, не вышедшая, так сказать, из школьного возраста. Кстати, наше Солнце, состоящее, как уже говорилось, преимущественно из водорода, имеет по масштабам Вселенной года совсем не обременительные. Реакции гелиевого цикла означают, что звезда стала совершеннолетней. Возникновение «железных» элементов свидетельствует о переходе звезды в зрелый возраст. Ну, а образование при нейтроно-протон-ном распаде всего разнообразия химических элементов, вплоть до самых тяжелых, показывает, что звезда состарилась и вступила в пенсионный

возраст. Оперируя такими категориями, что можно было сказать о дальнейшей судьбе звезды?.. Вот то-то и оно…

Поэтому сами авторы теории происхождения элементов поначалу считали, что их теория свидетельствует о неизбежности конца мира. В самом деле, повышение порядковых номеров химических элементов не может идти бесконечно — на каком-нибудь элементе оно должно и оборваться. А кроме того, едва добравшись до трети периодической системы, до элемента железа, звезда уже не продуцирует энергию, а лишь потребляет то, что она накопила ранее. В общем, все свидетельствует о неумолимой энергетической гибели звезды, о том, что, завершив цикл развития элементов, звезда должна погаснуть, превратившись в холодный сгусток материи. Рано или поздно каждая звезда пройдет свой жизненный путь, а когда все звезды Вселенной погаснут, умрет и сама Вселенная. Конец мира неизбежен…

Эта пессимистическая точка зрения базировалась отнюдь не только на теоретических и экспериментальных сведениях о развитии элементов на звездах. Астрономы отыскали объекты, которые прямо свидетельствовали о справедливости этой точки зрения, — «белые карлики». Да, эти почти уже полностью угасшие звезды, имеющие небольшой размер и чудовищную массу, — они ли не наглядные свидетельства гибели звезды? Это ли не «останки» некогда блистательной красавицы?

Не случайно, нет, не случайно теория развития элементов на звездах поначалу так понравилась церкви. Сам папа Пий XII обратил на нее свое святейшее внимание и отметил теорию в одном из новогодних посланий. Это подтверждало уж совсем жгучий интерес к проблеме происхождения химических элементов.

История теории происхождения элементов — а эта теория уже имеет свою летопись — достаточно красноречивое подтверждение известного философского положения, которое утверждает: при рассмотрении каких-либо процессов, явлений необходимо учитывать не только эволюционный, но и революционный путь развития. Не хочу, не имею права утверждать, что многие ученые на Западе предпочитали не задумываться о возможном революционном цикле развития элементов лишь из-за настороженного отношения к этому прилагательному. Но факт остается фактом — гибель мира была провозглашена.

Взрывы Сверхновых звезд давно были известны астрономам. Но лишь в последние десятилетия астрофизики решили поставить эти взрывы в связь с процессами превращения

элементов на звездах. И только тогда все прояснилось.

Прежде всего установили, что вовсе не обязательно каждая звезда должна стать «белым карликом». Более того, оказалось, что «белые карлики» — это тупиковая ветвь звездной эволюции, так сказать, космические губки. А торная дорога развития звезд — это тот путь, который мы и рассмотрели: водородная звезда — звезда с легкими элементами — звезда с тяжелыми элементами — Сверхновая.

Именно взрыв Сверхновой замыкает цикл развития звезды, а следовательно, и цикл развития элементов.

Потому что развеявшийся страшным взрывом водород силами тяготения рано или поздно соберется в компактный клубок, который, сжимаясь все возрастающими силами гравитации, вспыхнет молодой водородной звездой, вступающей в свою новую жизнь (хотел сказать «вторую жизнь», но вовремя остановился: кто знает, сколько этих жизней уже было у звезды). А относительно тяжелые элементы станут строительным материалом планетной системы нового Суириса. И на одной из этих планет со временем, быть может, возникнет жизнь. Пройдут миллиарды лет, и обитатели этой планеты, всматриваясь в сияющий на голубом небе Суирис, будут гадать: а почему же светит и греет их родимое светило? И, додумавшись до первопричины суирисского света и тепла, будут радоваться, что Суирис молод и жить ему долго, так долго, что, можно считать, конца этому не видать.

Не нам быть свидетелями этого ликования. Но радостно знать, что оно будет. Будет.

Пьянящие просторы космоса

В самом конце 1974 года в межзвездном пространстве был обнаружен этиловый спирт. К этому открытию астрономы отнеслись довольно равнодушно. Возликовали газеты. Даже респектабельная «Нью-Йорк геральд трибюн» не удержалась от того, чтобы не поместить карикатуру, на которой был изображен подозрительно веселый космонавт с чертами любимца американской публики Шепарда. Космонавт, находясь на какой-то экзотической планете, несколько затуманенным взором уставился на рекламу, на которой было выведено столь зазывно звучащее для каждого знающего толк в выпивке американца слово «Stolichnaja»…

А астрономам действительно удивляться не приходилось. Этиловый спирт был для них в данном случае очередным химическим соединением, открытым в космическом пространстве. И таких соединений уже известно несколько десятков.

Искать химические соединения в космосе начали давно — почти сразу после того, как астрономы получили от физиков и химиков замечательный метод исследования далеких космических объектов: спектроскопию. Впрочем, здесь, в задаче поиска в космосе химических соединений, дело обстоит далеко не так просто, как при обнаружении различных элементов: дескать, навел телескоп со спектрографом на нужную тебе область Галактики — и записывай в рабочий журнал всю «химию», какую регистрируют приборы. Ведь для того, чтобы элементы могли послать о себе весточку, они должны раскалиться в звездной печи. А именно эта процедура для подавляющего большинства химических соединений противопоказана: химическая связь не может существовать при той температуре, которая царит на поверхности даже относительно холодных звезд. Какая тут химическая связь, когда атомы при температуре в несколько тысяч градусов движутся с неистовой скоростью, что разрывают путы любой связи!

Когда астрономы, проконсультировавшись с химиками, выяснили, что надежд нет никаких, им оставалось одно — попытать счастья в «небесных дырках». Именно так, почти бранно, нарек открытые еще в XVII веке громадные скопления космической пыли знаменитый Вильям Гершель, рассердившись, что эти пылевые облака заслоняют свет от многих звезд. Температура «дырок», конечно, гораздо ниже, чем у звезд, и поэтому можно было надеяться, что в «дырках» будут

образовываться некоторые не очень сложные химические соединения.

Первая «космическая» молекула была обнаружена в 1937 году. Молекула была очень простенькой: по одному атому углерода и водорода CH. Такая молекула в земных условиях существует ничтожные доли секунды («нормальное» соединение углерода с водородом — сгорающий в горелках наших газовых печей газ метан, CH_4). Но важно другое: впервые было доказано, что в космическом пространстве, не только на Земле, могут существовать молекулы химических соединений.

Спустя несколько лет в «дырках» был обнаружен и циан — соединение атома углерода с атомом азота. Открытие дало основание для ряда прогнозов и догадок, большинство из которых выглядело достаточно мрачно: соединение циана с водородом, а его, как известно, в космосе предостаточно, — это цианистый водород, репутация которого зловеща и общеизвестна.

В 1963 году в межзвездной среде обнаружили гидроксил — соединение атома кислорода с атомом водорода (одним, а не двумя, как в случае воды!): OH.

Но все эти открытые молекулы, во-первых, были радикалами, то есть очень неустойчивыми, по нашим земным понятиям, соединениями, а во-вторых, совсем простенькими: соединения всего двух атомов — это еще не бог весть какая химия. Но ведь надежды на встречу в космическом пространстве со сложными соединениями особенно радужными назвать было никак нельзя. В самом деле, для того чтобы в пылевом облаке образовалось соединение, необходимо по крайней мере столкновение атомов, которые могут вступить в химическую связь. Но ведь это только так говорится «облако». Концентрация вещества в пылевых облаках совсем ничтожная: меньше 100 атомов в кубическом сантиметре пространства. Это, конечно, больше, чем в «обычном» межпланетном пространстве, где количество вещества едва дотягивает до одного атома на кубический сантиметр, но гораздо меньше, чем плотность вещества, скажем, в земной атмосфере, в которой молекул в миллиард миллионов раз больше, чем в пылевых облаках. Да, перспективы на встречу атомов в таких «облаках» самые незавидные. Соответственно и прогнозы на открытие различных химических соединений в межзвездном пространстве были довольно незавидными. Во всяком случае, до тех пор, пока для спектроскопии не применили радиоволны и инфракрасное излучение.

И вот тут-то дела пошли веселее!

В космическом пространстве были обнаружены: аммиак, вода, сероводород, угарный газ, цианистый водород (оправдались

прогнозы!), а затем и целый ряд довольно сложных органических соединений — формальдегид, метиловый спирт, муравьиная кислота, ацетальдегид. И этиловый спирт, о котором уже упоминалось.

А одна из заметок в журнале «Природа» так и называется: «29-я органическая молекула в космосе». Два японских астронома обнаружили в созвездии Стрельца и в туманности Ориона метиламин, довольно сложное органическое соединение, молекула которого состоит из семи атомов. Между прочим, метиламин, взаимодействуя с муравьиной кислотой, образует глицин — простейшую аминокислоту. А аминокислоты — главные составные части, главные блоки белка. А это означает, что… Впрочем, здесь нас уже заносит в область научного фантазирования, а ведь на научных поворотах надо быть едва ли не более осторожным, чем на скользком шоссе! Доказательством этому может служить хотя бы история о Сеньке Зайцеве, который ни в чем не был виноват.

Эх, Сенька Зайцев, Сенька Зайцев!

Октябрьским ярким днем на иоле подмосковного совхоза студенты копали картошку. Внезапно в небесной сини возник все усиливающийся нехороший фугасный звук и что-то, взметнув ботву, врезалось в землю. Повыждав, студенты принялись откапывать неизвестный предмет и скоро обнаружили глыбу льда весом килограммов в пять. Разочарованные студенты начали было стряхивать прилипшие к джинсам комки глины, но тут обратили внимание на коллегу — астронома Сеньку Зайцева, лицо которого застыло в маске вдохновенного глуповатого блаженства.

Астрономы хорошо знают, что многие из метеоритов, подлетающих к Земле, состоят из льда, обычного льда, весело искрящегося под яростными, но совсем не греющими в космосе лучами Солнца. Но никому еще не удавалось держать в руках ледяной метеорит. Стоит ли объяснять, почему? Зафиксирован, правда, один случай, когда ледяной метеорит каким-то чудом прорвался, не расплавившись, через атмосферу. Этот едва ли не единственный на памяти людей ледяной метеорит умудрился упасть на шедшее в Дубровники грузовое судно «Пракситель», с непостижимой точностью вонзившись в голову старшего помощника.

Ледяные метеориты манили астрономов не только из-за их неслыханной редкостности. Главная притягательность этих, конечно же, необычных космических гостей заключалась в том, что вероятность обнаружить следы инопланетной жизни в ледяных метеоритах наибольшая: известно — из всех химических соединений живые клетки больше всего любят воду.

— И вот, — пояснил Сенька, — наконец ледяной метеорит найден. Здесь, близ деревни Волково, девятого октября одна тысяча девятьсот шестьдесят четвертого года.

Спустя полтора часа дежурный на платформе «И 1-й километр» с удивлением наблюдал, как к электричке двигалась кавалькада молодых людей, двое из которых бережно несли что-то завернутое в ватник, а остальные, вытянув шею, не отрываясь смотрели на ношу и шипели:

— Осссторожжжжно!..

— Змея? — спросил дежурный.

— Неа… — разъяснил Сенька Зайцев, сохраняя на лице выражение Главного Хранителя государственной тайны, и вся компания укатила в Москву, не взяв билетов.

Дальнейшие события лучше, излагать в форме дневника.

22 часа. Студенты прибыли на Павелецкий вокзал. Собрав в карманах двугривенные и подсчитав сумму, сели в такси. Ватник осторожно положили на колени.

22 часа 30 мин. Приехали в обсерваторию МГУ. По причине отмечавшегося накануне Дня астронома и ввиду пасмурной погоды в обсерватории находился только вахтер, отличавшийся предельной некоммуникабельностью.

— Ничего! — не огорчился Сенька. — Поехали в институт.

23 часа. На метро добрались к институту, в котором помещается метеоритная комиссия Академии наук. И здесь не было ни души, что вряд ли стоило считать удивительным, так как в 11 часов вечера даже специалисты по метеоритам спят или, в крайнем случае, смотрят танцевальное обозрение из Варшавы. Местный вахтер оказался ничуть не общительнее обсерваторского.

Тогда астроном решительно подошел к телефону-автомату, набрал «09» и узнал номер телефона академика Ч., председателя метеоритной комиссии.

Разбуженный академик ухватил суть дела мгновенно и, разделяя слоги, чтобы было понятнее, прокричал в трубку:

— Никуда, слышите, ни-ку-да не уходите. Я буду через двадцать минут, через двадцать!

Академик приехал через пятнадцать минут.

Еще через несколько минут стали съезжаться неведомо как узнавшие о ледяном метеорите сотрудники института.

0 часов 30 мин. Институт сиял. Светились почему-то даже окна месткома. Многочисленные сотрудники, в глазах которых фарами горело любопытство, толпились около комнаты № 38, где избранные счастливцы исследовали метеорит, и взывали к безответной двери:

— Ну, что?

2 часа ночи. Прилипший к скважине ухом старший научный сотрудник Дроздов сообщил болельщикам:

— Вроде бы азот нашли! Ей-бо-гу, азот! Они там целуются!

Сообщение Дроздова вызвало у собравшихся ликование. Азот — это уже почти наверняка органические молекулы. А органические молекулы… Уф, даже дух захватывает!..

2 часа 45 мин. Дверь комнаты № 38 приотворилась, и

академик Ч. приказал:

— Микроскоп, быстро!

Микроскоп доставили через сорок секунд. Владелец его пытался протиснуться вместе с прибором в комнату. Микроскоп взяли. Владельца выдворили.

3 часа 00 мин. За дверью комнаты раздался крик:

— Это надо проверить!!!

3 часа 07 мин. Крик повторился.

3 часа 20 мин. Двери комнаты № 38 отворились, и в них показался профессор К. Не переступая порога, он тихо сказал:

— В метеорите обнаружены бактерии. Вот так-то…

Дверь снова затворилась, а в коридоре воцарилось молчание. Каждый понимал, что эти минуты уже принадлежат истории. По-видимому, именно с этих 3 часов 20 минут начнут отсчитывать новую эру в науке. Эру, когда человечество узнало о новой форме жизни, внеземной жизни.

3 часа 30 мин. Академик Ч., не отворяя двери, попросил разыскать где-нибудь биолога и как можно быстрее доставить в лабораторию.

4 часа 05 мин. Доставили биолога и впустили в комнату № 38, конвой вытолкнули. Болельщики снова принялись метаться по институту.

4 часа 15 мин. Академик Ч. из-за запертой двери распорядился:

— Выставить у двери охрану, обеспечить карантин. Никому не входить. Бактерии живые.

В институте появился корреспондент, почему-то из «Лесной промышленности». Лесной корреспондент прорвал кордон и по-хозяйски постучался в комнату № 38.

5 часов 05 мин. Из приотворившейся двери комнаты № 38 болельщики услышали отрывки довольно странного диалога.

— Понимаете, — смущенно тянул биолог, — с одной стороны, похоже, очень похоже на полиангиацае, но, с другой стороны… А вообще я не микробиолог, я специалист по приматам.

— Приматы в метеорите не обнаружены, — сухо сказал академик Ч., — пока не обнаружены. Придется вызывать

академика М.

Предложение было встречено присутствующими с полным сочувствием. Академик М. в последние годы очень увлекался проблемами внеземной жизни и даже пытался — увы, безуспешно! — искать споры бактерий в каменных и железных метеоритах.

6 часов. Академика М. у подъезда института встретили с ликованием. Он быстро шел по коридору, и руки его тряслись. Стоящий у комнаты «N1» 38 конвой расступился, и академик, не снимая пальто, прильнул к микроскопу.

Спустя минуту академик М. выпрямился и холодно, очень холодно попросил:

— Покажите метеорит.

— Но он спрятан в криостат…

— По-ка-жи-те метеорит!

Академика подпели к криостату.

Он мельком взглянул на кусок льда и холодно заключил:

— Я не специалист по медицинским анализам, поэтому я вряд ли могу оказаться вам полезным. Можете пригласить любую лаборантку, хотя бы из поликлиники напротив. Она в момент скажет вам, сколько в этом «метеорите» белка, а сколько сахара.

Спустя два дня сопровождаемый астрономом и биологами Сенька Зайцев, желая отвести от себя подозрение в грубом и неостроумном розыгрыше, принес копию докладной записки командира самолета Ту-104, приписанного к московскому аэропорту Домодедово. Уместно привести конец записки:

> «…о неисправности которого я докладывал службе главного механика еще 28.09 с. г. Во время выполнения рейса 4817 при заходе на посадку резервуар самопроизвольно открылся, в результате чего на меня по прилете было наложено службой санитарной инспекции взыскание».

В кавычках и без

Несмотря на некоторую водевильность только что описанных событий, я далек от намерения иронизировать над участниками этой истории. Полагаю, что каждый на их месте повел бы себя не иначе.

Известно ведь, что когда чего-либо сильно хочешь, то не мудрено принять желаемое за действительное. Встретить следы иноземных форм жизни в метеоритах, понятно, очень хочется вот уже не одному поколению ученых. И поэтому здесь каждый «обманываться рад». Сегодня история «открытий» в небесных камнях различных «спор», «клеток», «ДНК» и даже пусть не очень, но все же достаточно многочисленных «животных» и «растений» составляет внушительный том. Количество кавычек в последней фразе не оставляет сомнений в той интонации, с какой ее произносит автор.

Тут надобно отметить, что ученые вовсе не случайно обратились к метеоритам как к возможным «сейфам», где хранятся осколки иных форм жизни. Именно метеориты и есть синицы в руках по сравнению с химическим журавлями в далеких пылевых облаках. Располагая метеоритным материалом, можно выводить суждения о химическом, именно химическом, а не элементарном составе внеземной материи. Да, тут имеет слово его сиятельство Химический Анализ, который не оставляет места никаким домыслам или предположениям.

Первое же подробное изучение тех химических соединений, которые входят в состав метеоритов, привело к неожиданным результатам. Оказалось, что метеориты содержат много — относительно, конечно, — органических соединений. Вывод из этого факта поначалу был, разумеется, не в меру романтичным: присутствие в метеоритах органических соединений, несомненно, свидетельствует о том, что это остатки некогда живых существ.

Но, как это бывает почти всегда, нашлось место и сомнениям. Спокойный расчет, основанный на законах протекания химических реакций, и прежде всего на законах термодинамики (слишком важная, да и, пожалуй, слишком сложная наука, чтобы говорить о ней здесь мимоходом), показал, что многие из органических веществ, обнаруженных в метеоритах, *должны* были образоваться в них постольку, поскольку там присутствовали углерод, водород и кислород. Это образование органических соединений происходит с такой же неизбежностью, с какой шарик, находящийся на поверхности горки, скатывается вниз, если его подтолкнуть.

Что же касается тех немногих органических соединений, которые никак не могли бы образоваться самопроизвольно, то, как было установлено, они, увы, имеют земное происхождение. Это и не мудрено. Даже в воздухе содержится значительное количество различных органических веществ, да и живых бактерий и даже более сложных организмов. А если метеорит какое-то время полежал в почве, то тут, понятно, можно пооткрывать много всего…

Я не склонен обвинять увлекающихся исследователей в том, что им померещились так давно ожидаемые землянами следы внеземной жизни. Но и сочувствия эти «открытия» у меня, в общем, тоже не вызывают.

В самом деле, поиски следов внеземной жизни в метеоритах основываются на предположении, что метеориты — это остатки какой-то планеты, которая почему-то рассыпалась на мелкие осколки (в результате каких-то тектонических процессов — предполагают одни, вследствие недоговоренности и области использовании атомной энергии — утверждают другие).

Представим, что эта разлетевшаяся вдребезги планета была размером с нашу Землю и что количество живого вещества (биомассы) на этой планете было таким же, как и на Земле. В этом случае только около одной десятой процента (по самым оптимистическим оценкам) метеоритов могло бы содержать следы жизни — именно такова доля массы нашей планеты, на которой селится жизнь. Вот и выходит, что вероятность обнаружить в метеорите, который, отметим это, миллионы, а то и миллиарды лет болтался по космическому пространству, подвергаясь разрушающему действию космических лучей и палящему излучению звезд, невелика. Немногим больше, чем на центральной улице нашего города набрести на овощной ларек, в котором продают ананасы, а очереди нет ни одного человека.

Нет, сегодня нельзя, к сожалению (конечно, к сожалению), считать, что в метеоритах были обнаружены следы внеземной жизни.

Но бесспорным фактом остается значительное количество органических веществ в небесных пришельцах. Настолько высокое, что можно признать немало логичного за гипотезой, которая утверждает, что подавляющее большинство первоначального органического вещества на нашу планету было перенесено метеоритами. И следовательно, именно метеоритам обязана Земля возникновением жизни.

Впрочем, метеориты надают не только на нашу планету…

Окончание

…потому что никакую звезду дровами не протопишь. Да, кстати. а если кто-нибудь без моего разрешения начнёт забавляться затмениями…

Занавес

ГЛАВА V

В которой заводится неожиданный разговор об аммиачных красавицах; подвергается сомнению возможность существования парообразных тараканов; цитируются избранные разделы учебника химии планеты Огненная и, наконец, делается заключение о том, что, выходит, без воды… в общем, худо без воды.

Печальная любовь Кея Хокка

И вот уже наш бедный Кей просиживает у телеэкрана все свободное и большую часть не свободного от вахты времени. А корабль тот идет параллельным курсом — сворачивать не сворачивает, но и сближаться не собирается. И красотка на экране не отрываясь смотрит на Кея влажным взором и хлопает ресницами. И к концу недели Кей заявился к капитану и сказал, что хочет отправиться на тот корабль — в качестве, так сказать, посланца Земли, носителя земной цивилизации. А на возможное инфицирование инопланетными бактериями ему, простите, наплевать, потому что без той красотки ему, видите ли, жизнь не в жизнь, но зато смерть в смерть. И тогда старик Бол гаркнул на него так, что стекла в иллюминаторах выгнулись в сторону космоса. А Кей заплакал. И это меня несказанно удивило. Я понял: э-э-э, старина Кей и впрямь втюрился, а кэп Фут махнул рукой и сказал, что видел идиотов, но таких, чтобы убивались из-за красотки с другой планетной системы, да еще из-за такой, с которой познакомился, смешно сказать, только по телевизору, тут уж извините. И разрешил Кею отправляться на тог корабль. Впрочем, кэп не преминул ехидно заметить, что, как на его, кэпов, наметанный взгляд, эта страусовая красотка уже раз пять побывала замужем и у нее, конечно, душ девять детей, мал мала меньше. А кормить их, сопляков, некому, вот красотка и прихлопывает себе ресницами растяп с проходящих кораблей — свои-то небось ее давно раскусили. И еще кэп добавил, что он, капитан Бол Фут, еще больший дурак, чем Кей Хокк, потому что Центр строго-настрого запретил без его санкции вступать в непосредственный контакт с любой цивилизацией, но, с другой стороны, если уж Кей влюбился, то что уж делать, он, капитан, за свою жизнь возился не только с автоматическими навигаторами… А мы уже не слушали кэпа, потому что прильнули к экранам и жадно ждали, как Кей встретится со своей Джульеттой. И Кей ворвался в каюту к своей прелестнице как вихрь. А потом, потом… И я и все. кто стоял со мной у экранов, увидели, как Кей странно втянул ноздрями воздух и вдруг схватился за горло и страшно закашлялся. А красотка тоже сморщилась, как будто увидела не нашего славного Кея, а привидение. И когда спустя полчаса Кей, все еще кашляя и отплевываясь, рассказывал, что от красотки, оказывается, несло густым запахом нашатырного спирта, мы покатывались со смеху. А Кей, беспрестанно нюхая уксус, пояснял нам, что жизнь на той планете, откуда прилетел корабль, видите ли, построена не на воде, а на жидком аммиаке.

И я до сих пор сомневаюсь, сказал ли Кей правду, потому что…

[Продолжение на стр. 159]

К вопросу об аммиачных красавицах

Сегодня ни один уважающий себя фантаст не изобразит инопланетного жителя иначе, как по образу и подобию человека. Нынче, по описанию мастеров (и подмастерьев) научно-фантастического жанра, абориген планетной системы маленькой звездочки в Гончих Псах, обитатель неуютного Плутона и житель восьмой луны пятой планеты Сириуса отличаются от нас, землян, разве что покроем брюк да линиями вечерних платьев. А ведь еще пяток лет назад по страницам научной и околонаучной фантастики бродили странные создания, что дух захватывал… даже у невозмутимых фантастоманов.

Аммиачные прелестницы, фторидные рыцари и жестокосердные кремниевые завоеватели Вселенной со страниц научной фантастики перекочевали теперь на страницы научных и научно-популярных изданий. Разговор о возможных формах жизни ведется сейчас с горячностью, которая оставляет позади даже такие острые проблемы, как загадки чудовища из якутского озера, поиски Атлантиды или обсуждение вопроса, с какой степенью совершенства можно за две недели выучить во сне японский язык.

Известно, как за последние годы расширилось понятие «жизнь». Удивительно ли, что вослед произошло расширение и понятия «живое вещество», то есть того материала, из которого могут быть построены живые организмы. А следовательно, и расширились возможности моделирования (пусть и умозрительного) тех условий, при которых стало возможно возникновение живого вещества.

Нет, мы сейчас не будем рассматривать во всей полноте проблему происхождения жизни. Здесь пойдет речь об условиях, необходимых для того, чтобы живое вещество возникло. И даже не обо всех условиях, а всего об одном — о растворителе, в котором может возникнуть живое вещество.

Известно, что каждый живой организм (уточним: земной организм) в большей или меньшей степени может рассматриваться как водный раствор. Именно отсюда проистекают различного калибра остроумия шутки, в основе которых лежит факт, что человек на сколько-то там процентов состоит из воды. Но бесспорно одно: все известные нам химические процессы, обеспечивающие жизнедеятельность любого организма, могут быть сведены к химическим реакциям в водных растворах.

Тут возникает вопрос: в какой степени наличие воды следует

считать общим, обязательным и непременным условием возникновения и развития живого вещества, а также развития и существования живого организма? Ведь химические процессы могут протекать и в неводных растворах. В конце концов, вода — одна из громадного числа жидкостей. Вот та исходная точка, из которой вырастают сложные построения многих специалистов по внеземным формам жизни, придерживающихся романтического мнения, что разнообразные химические реакции могут протекать, скажем, в жидком аммиаке или в легко сжижающемся фтористом водороде, а поэтому вполне разумно предположить существование аммиачной или фторидной форм жизни.

Итак, нам предстоит выяснить, насколько существенны опасения, что от инопланетянина, которого когда-нибудь повстречают земляне, будет нести густым запахом нашатырного спирта или, что было бы уж совсем неприятно, плавиковой кислоты.

Перевести таракана в пар…

Чтобы быть уверенным, что он будет понят, автор хочет напомнить несколько очевидных истин.

Истина первая. Повторение — мать учения (эта свежая мысль адресуется, впрочем, лишь тем читателям, которые сочтут, что сведения, излагаемые далее, относятся к разряду общеизвестных).

Истина вторая. О каких бы формах жизни ни шла речь, живое вещество должно быть совокупностью сложных молекул. Отважиться на «оживление» кристалла хлористого натрия не решаются даже те отчаянные авторы фантастических рассказов, у которых от знакомства со школьными курсами физики, химии и биологии остались лишь непреходящие чувства тоски и страха. Только сложная молекула способна сохранять «память» о тех воздействиях внешней среды, которая в научных работах называется информацией. Информация в данном случае — не только и даже не столько сведения о том, с каким счетом вчера сыграли «Динамо» со «Спартаком», а вся совокупность взаимодействий растительного или животного организма с окружающей средой.

Но сложные молекулы могут образовываться только из более простых в результате длинного ряда химических реакций, которые привели к образованию живого вещества. Самое интересное, что для нас сейчас (но только сейчас, так сказать, в эту читательскую минуту), в общем-то, несущественно, возникла ли жизнь на Земле или занесена на нашу планету спорами или даже мыслящими существами. Ведь так или иначе хотя бы *однажды* живое вещество должно было возникнуть самопроизвольно[14] в результате последовательных химических превращений.

Истина третья. Сколько-нибудь сложные реакции, приводящие к образованию сложных соединений, могут протекать лишь в растворах или, говоря более общо, в жидкой фазе. Реакции между твердыми (кристаллическими) веществами, во-первых, весьма немногочисленны по сравнению с жидкофазными, а во-вторых, и это самое главное, протекают в сотни, в тысячи раз медленнее, чем реакции в растворах. В самом деле, пусть «сойдутся» два кристаллических соединения, для того чтобы прореагировать друг с другом. Если даже реакция протекает мгновенно, все равно продукта взаимодействия образуется самая малость, потому что этот продукт, образовавшись, преградит доступ реагирующим веществам друг к

другу. Чтобы реакция прошла дальше, необходимо, чтобы продукт реакции проследовал (продиффундировал) в глубь каждого из кристаллов, а на его место пришли реагирующие вещества. Диффузия же в кристаллах — процесс настолько медленный, что, существуй наша планета не пять миллиардов лет, а в тысячу раз дольше, все равно этого времени оказалось бы недостаточно, чтобы кристаллы, реагируя друг с другом, образовали живое вещество.

Но ведь возможны еще реакции в газовой фазе — эти уж, как известно, могут протекать очень быстро. Но, увы, возможность образования живого вещества в газовой фазе исключена, потому что…

Истина четвертая… потому что сколько-нибудь сложные соединения не могут существовать в газообразном состоянии. Причина этой нестабильности сложных соединений сурова, драматична и весьма проста. Чем сложнее молекула органического соединения (а самые сложные соединения — органические), тем легче ее «разломать». Дело в том, что по мере усложнения молекулы все меньшая доля энергии приходится на одну химическую связь, в частности на связь между атомами углерода — ту самую связь, благодаря которой и образуются органические соединения и которая обусловливает поразительное разнообразие мира органических соединений.

С другой стороны, чем сложнее химическое соединение, чем более громоздка его молекула, тем выше температура его кипения и тем выше величина удельной энергии испарения (энергии, которую необходимо затратить для перевода одного грамма жидкости в пар). Поэтому у очень сложных соединений энергия испарения превышает удельную энергию связи между отдельными частями молекулы этого соединения, и попытка перевести это соединение в пар (даже при высоком разрежении, когда температура кипения сильно понижается) приводит к драматическому исходу.

В самом деле, можно без труда перевести в пар уксусную кислоту. Но вот перевести в нар таракана, чтобы он при этом остался тараканом, не удалось еще никому, и могу утверждать — и не удастся.

Итак, химические реакции, которые привели к образованию живого вещества, могут протекать лишь в жидкой фазе, в растворе.

Истина пятая. Для того чтобы реакции протекали в растворах, должен быть подходящий растворитель.

Учебник химии планеты Огненная

Автор просит вчитаться в приводимую ниже цитату с максимальным вниманием. Просьба эта вызвана тем, что специалисты-химики, скользнув по цитате взглядом и заметив совсем простенькое уравнение реакции нейтрализации, решат, что здесь ровным счетом ничего нового и, стало быть, ничего стоящего внимания нет. А неспециалисты, которые, боюсь, вынесли еще со школьной скамьи не очень приязненное отношение к химии, постараются пропустить эти «дремучие» подробности. И все же…

> «…Таким образом, реакция нейтрализации заключается в том, что кислота, например KOH, взаимодействует с основанием, например HCl, причем это взаимодействие сопровождается образованием соли: $KOH + HCl = H_2O + KCl$».

Нет, в этом отрывке ничего не напутано, и слово «кислота» рядом с химической формулой KOH поставлено не случайно, так же как и слово «основание» — рядом с формулой HCl. Это и не отрывок из фантастической повести, где цитируется отрывок из учебника химии, по которому занимаются аборигены (вернее, аборигенята) планеты Куэк-Уок, что находится в Крабовидной туманности. Не следует думать также, что это выдержка из контрольной работы по химии рвущегося во второгодники семиклассника. Здесь все от первого до последнего слова верно.

Вспомним, как учебник химии (земной, а не куэк-уокский) определяет понятие «кислота»: «Соединение, которое, будучи растворенным в воде, отщепляет катионы водорода H^+». Очень похожими словами учебник дает определение понятия «основание»: «Соединение, которое, будучи растворенным в воде, отщепляет анионы OH^-».

Обратите внимание на то, как настойчиво подчеркиваются в этих формулировках слова «растворенное» и «вода». Случайность? Ну, о случайностях здесь уже столько говорено, что лучше сразу искать причину появления этих слов в определениях самых фундаментальных понятий химии.

«Растворенное»… А затем следует растворять, что сами по себе кислота или основание никаких ионов отщеплять не могут. Вода вступает с претендентами в кислоты и основания в химическое взаимодействие, например $HCl + HCl + H_2O = H_3O^+ + Cl^-$ и только это взаимодействие приводит к появлению ионов в

растворе. Тут, правда, появляется ион H_3O^+ а не H^+. Но и то сказать — существовать ион Н в водном растворе не может. Ведь это не что иное, как «голый» протон. А создаваемое этой элементарной частицей поле имеет такую напряженность, что притягивает к себе молекулу воды, которая очень походит на маленький магнитик. Вот и получается сложная частица H_3O^+.

«Вода»… Ну, зачем нужна она, это и вовсе непонятно. Ведь кислота — это раствор катионов H_30^+, а они могут появиться, естественно, только в водном растворе. Все это так, но почему кислота — это обязательно присоединение протона к молекуле воды? А если к молекуле спирта, эфира, кетона? Пока нет никаких оснований числить способность образовывать растворы кислот только за водой.

Может быть, исключительность воды проявляется в другом? Известно, что даже в совершенно чистой воде часть (правда, очень небольшая) ее молекул диссоциирует на ионы: $2H_2O = H_3O^+ + OH$. Это обстоятельство позволяет предложить новую формулировку понятий «кислота» и «основание»: кислота — соединение, которое в растворе (водном, конечно) отщепляет тот же катион, который образуется при самодиссоциации воды; основание — соединение, которое в растворе отщепляет тот же анион, что и вода.

Приведенное определение позволяет сразу и решительно освободиться от ига воды в теории кислот и оснований. В самом деле, ведь способностью к самодиссоциации обладает множество жидкостей (строго говоря — все жидкости). Вот хотя бы многократно поминавшийся здесь жидкий аммиак. Он самодиссоциирует по уравнению: $2NH_3 = NH_4^- + NH_2^+$.

И из этого простенького уравнения следуют очень важные следствия. Кислотами в жидком аммиаке будут те соединения, которые способны отщеплять тот же катион, что и сам аммиак. Таким образом, хлористый аммоний NH_4Cl («нашатырь») в жидком аммиаке — не соль, как в воде, а самая что ни на есть кислота. Раствор же амида калия KNH_2 в этом растворителе — основание. И, наконец, вода, растворенная в жидком аммиаке, — самая настоящая соль. К этой теории следует привыкнуть, а привыкнув, каждый признает, что она совершенно строгая, логичная и красивая, а главное, романтичная, потому что дает широкий простор для предположений о различных неводных формах жизни — ведь и в неводных растворителях реакции должны протекать по тем же законам, что и в воде. Правда, эти предположения должны основываться на достаточно хорошем знании законов химии. Иначе…

Иначе можно засомневаться в правильности наблюдений

даже такого высокоученого и высокоправдивого автора, как бесстрашный космопутешественник Ийона Тихий, который, посетив планету Огненную, где жизнь построена не на воде, а на жидком аммиаке, отметил, что тамошние жители интересуются видами на урожай нашатыря (публикация проф. А. С. Тарантоги. См. сборник произведений Станислава Лема, изд-во «Молодая гвардия», М., 1965, с. 118). Почтенный капитан Тихий, несомненно, что-то напутал. Мы убедились, нашатырь в жидком аммиаке — это то же, что соляная кислота у нас на Земле. Поэтому он никак не может произрастать, а его могут только производить. По-видимому, Ийона Тихий попал на производственное совещание, где шла речь о перевыполнении плана производства кислоты, а киберпереводчик у космопроходца, как обычно, барахлил.

Теперь вернемся к цитате, с которой начинался этот раздел о кислотах и основаниях. Представим себе, быть может, и не очень привычный для непосвященного, но, в общем, совершенно законный растворитель… расплавленный хлористый калий KCl (температура плавления которого 776 градусов, что никак не может служить препятствием для экспериментов с таким растворителем). В соответствии с введенным только что определением любое соединение, имеющее тот же катион, что и растворитель, то есть катион калия K^+, будет в расплавленном хлористом калии кислотой. Есть ли что-либо удивительное и противоречивое в том, что едкое кали KOH в расплавленном KCl — кислота? А обладающий тем же анионом, что и растворитель, HCl есть в KCl основание. Ну, а вода здесь снова выступает в роли соли. Так что ровным счетом ничего необычного в приведенной цитате нет. Конечно, следовало бы сказать с самого начала, что речь идет не о водных растворах, а о растворе в расплавленном хлористом калии, но ведь тогда было бы не так интересно читать. Не так интересно да и не очень понятно без тех разъяснений, которые следовали за цитатой.

Если бы храбрый Ийона Тихий во время своего путешествия на планету Огненную догадался захватить в обратную дорогу огненский учебник химии, то, перелистывая его во время длительного возвращения на Землю, капитан с удивлением обнаружил бы, что в учебнике начисто отсутствует раздел, посвященный основаниям, но зато глава, описывающая кислоты, занимает большую часть учебника.

Герои одного из рассказов И. Ефремова встречаются с разумными существами, постоянная обитель которых — фтoридная планета. На этой планете жизнь основана на растворах не в воде, а в жидком фтористом водороде. Так вот, если бы

земляне вздумали втолковать фторидцам, что такое кислота, то они встретились бы с полным непониманием. Фторидцы хорошо знакомы с основаниями, но кислоты для них — экзотика, о которой не упоминают и самые подробные энциклопедии фторидной планеты.

Не надо торопиться бросать упрек огнянам в невнимании к одному из важнейших классов соединений — к основаниям. Точно так же нельзя заподозрить фторидцев в пренебрежении к кислотам. Известно, что молекула аммиака жадно притягивает к себе протон — куда энергичнее, чем вода. Поэтому соединения, которые в воде даже и не помышляют быть кислотами, в жидком аммиаке становятся ими. Фтористый водород, напротив, так и стремится навязать кому-либо свой протон, то есть заставляет растворенное вещество выступить в роли основания.

Быть основанием в аммиаке может лишь такое соединение, которое тянет к себе протон более энергично, чем аммиак. А таких соединений известно химикам очень немного, меньше, чем хороших теноров в Большом театре. Поэтому число кислот в жидком аммиаке намного больше числа кислот в воде, зато оснований в нем практически не существует.

Точно так же в жидком фтористом водороде в избытке будут присутствовать основания, но кислот там, можно сказать, не будет вовсе.

Теперь читатель ничуть не удивится, узнав, что в огненском учебнике химии начисто отсутствует и понятие «кислотно-основное взаимодействие». Да, осуществить кислотно-основное взаимодействие в растворителе, в котором все растворенные соединения — кислоты, невозможно.

Автор может добавить, что попытка провести кислотно-основную реакцию в жидком фтористом водороде, где имеются только основания, но почти нет кислот, так же имела бы мало шансов на успех.

Спрашивается: возможны ли разнообразные реакции в сильноосновном либо сильнокислом растворителях? Вопрос не из тех, на которые следует давать ответ. Итак, сформулировано очередное условие, предъявляемое к среде, в которой возможно образование живого вещества.

Оказывается, такой растворитель не должен быть очень кислым или очень основным. Но, с другой стороны, растворитель должен обладать достаточной химической активностью, ибо, как мы видели, коль скоро нет взаимодействия растворенного вещества с растворителем — нет кислот и оснований. Соединения, которые одинаково охотно взаимодействуют и с кислотами и с основаниями, называются амфотерными. Вот и

найдено достаточно точное определение того свойства, которым должен обладать «жизненный растворитель»: амфотерность.

Это требование резко сужает круг возможных «жизненных растворителей». Настолько резко, что мажорное определение «множество», которым мы хвалились выше, отмечая количество всевозможных жидкостей, сводится к минорному «небольшое число».

Ушат воды

Теперь можно перейти ко второму из тех основных условий, которым должен удовлетворять «жизненный растворитель». Условие это на первый взгляд (ох, уж эти первые взгляды!) несложно: растворитель должен растворять. Подозрительно смахивает на каламбур. Но тем не менее утверждение серьезно — серьезнее некуда.

Растворимость… Не любят химики эту проблему. Да и как любить, когда ни с какой стороны к ней не подступиться. Ведь, говоря честно, химики и сегодня точно не знают, почему, например, сернокислый магний превосходно растворяется в воде, а сернокислый барий, который по многим химическим свойствам походит на сернокислый магний, можно сказать, не растворяется вовсе.

Что ни говорите, а обидно. Обидно, потому что химия объясняет нынче проблемы, казалось бы, куда более сложные.

Вряд ли стоит пересказывать во всех перипетиях историю сражения химии с проблемой растворимости — и потому, что это пусть и интересная, но для предмета этой книги побочная тема, и потому, что химики такие же люди, как все, и, следовательно, не очень любят распространяться о своих неудачах.

Впрочем, не стоит считать, что дело здесь обстоит совсем безнадежно. Сегодня химик может с большой определенностью, не заглядывая в таблицы растворимости, предсказать, что, например, углеводород гексан будет отлично растворяться в углеводороде бензоле, а хлористое серебро — в расплавленном хлористом калии (знакомый уже нам растворитель!).

Химик понимает, почему уксусная кислота CH_3COOH хорошо растворяется и в углеводородах и в воде. Молекула этого соединения состоит как бы из двух частей: «углеводородной» — CH, и «водоподобной» — OH (молекула воды также содержит группу OH, называемую гидроксильной).

«Постойте! — скажет читатель. — Ведь это «подобное растворяется в подобном» — старое правило алхимиков. «Simila similibus solventur».

«Да, старое и, добавлю, отличное правило алхимиков, — отвечу я. — И современная химия в этой проблеме, увы, не так далеко оторвалась от своей предшественницы алхимии».

Коль скоро речь зашла об алхимии, то здесь нелишне будет вспомнить, что алхимики с рвением, не меньшим, чем в случае с «философским камнем», искали и универсальный растворитель, который мог бы растворять все, абсолютно все вещества.

Небезынтересно и то, что поиски этого растворителя продолжались и тогда, когда проблема «философского камня» занимала разве что свихнувшихся искателей легкой наживы или совсем уж продувных мошенников.

Какие только комбинации не пускались в ход! Тут и смесь всех жидкостей, какие могут быть извлечены из человеческого организма, и, как мы сказали бы сейчас, коктейли из вин самых разнообразных сортов и возрастов, и смесь редких и, конечно, очень дорогих благовоний. К слову сказать, знаменитая «царская водка» — смесь азотной и соляной кислот — была найдена в результате именно этих «исследований».

И никто не догадался, что наилучший растворитель из всех, какие только могут существовать, вот тут, рядом, всюду…

Было бы неверным сказать, что химики сейчас не предпринимают попыток взять крепость проблемы растворимости. Сопоставляя данные по растворимости одних и тех же веществ в различных растворителях, ученые обратили внимание на четко просматривающуюся роль диэлектрической проницаемости растворителя. Чем больше значение диэлектрической проницаемости жидкости, тем лучший она растворитель. Отмеченное правило, впрочем, никак не может быть возведено в ранг закона. В лучшем случае оно может претендовать на звание закономерности. Но тем не менее можно достаточно категорически утверждать: для того чтобы хорошо растворять, жидкость должна обладать высокой диэлектрической проницаемостью.

Надобно еще поговорить о способности растворителя взаимодействовать с растворенным веществом. Было уже сказано, что это взаимодействие необходимо, чтобы растворенные вещества могли стать кислотами или основаниями. Но ведь это далеко не исчерпывает всего круга проблем, вращающихся вокруг слова «взаимодействие».

Начать с того, что само понятие «взаимодействие» не очень определенно. Мы растворяем в воде, скажем, кристаллы едкого натра. В том, что щелочь и вода взаимодействуют, сомневаться не приходится: образование раствора сопровождается настолько сильным разогреванием, что колбу трудно удержать в руках. Если удалить из раствора воду, например, с помощью упаривания, то образующийся сухой остаток будет все тем же едким натром, из которого и приготовлялся раствор.

Смешивание цинковых опилок с серной кислотой также сопровождается сильным разогреванием. Это обстоятельство, а также бурное газовыделение не оставляют сомнений в том, что цинк взаимодействует с серной кислотой. Однако, отогнав из

раствора воду, вы не увидите на дне колбы цинка.

Вместо него выпадут кристаллы сернокислого цинка — вещества, ничем не напоминающего исходный металл.

Да, разное оно бывает, взаимодействие. И не приходится сомневаться, что растворитель, претендующий на звание «жизненного», должен относиться к растворителям первого типа — таким, которые не изменяют природу растворенного вещества, хотя и взаимодействуют с ним.

Как видим, перечень требований к «жизненному» растворителю столь обширен, что и не сразу сообразишь, какая же жидкость может этому перечню соответствовать. Ведь здесь требуется и амфотерность, и способность к взаимодействию (но к такому, чтобы не очень…), и хорошая растворяющая способность, и… Словом, много чего требуется.

Я мог бы, конечно, долго перебирать возможные жидкости, с сожалением или со злорадством отмечая, что вот, глядите: казалось бы, всем жидкость вышла, но диэлектрическая проницаемость плоха или по части амфотерности обстоит неважно. Но стоит ли это делать? Скажу сразу: можно назвать только одну жидкость, которая удовлетворяет всем перечисленным требованиям, — воду. Вода, и только она.

Именно вода является классическим амфотерным растворителем.

Число оснований в воде почти равно числу кислот. В этом смысле вода должна быть отнесена к весьма демократичным растворителям. Определение несколько неожиданное, но, в общем-то, верное. Мало какие жидкости могут похвалиться тем, что диэлектрическая проницаемость у них выше, чем у воды; у подавляющего большинства жидкостей диэлектрическая проницаемость равна 2–6, реже она достигает 10, совсем редко 35–40. У воды же величина этого свойства 80. По способности растворять с водой тоже никто не сравнится. И, что самое главное, вода с одинаковой охотой растворяет и неорганические и органические соединения (сказанное вовсе не означает, что вода растворяет все и всякие соединения).

Здесь можно было бы привести еще множество «нехимических» аргументов в пользу воды, среди которых важнейшим, пожалуй, является то, что образование воды на остывающей планете — один из самых вероятных процессов, так как самый распространенный элемент Вселенной, водород, всегда будет на этой планете в избытке, ну, а кислорода, как мы знаем, холодной материи Вселенной тоже не занимать. Так что и с геохимической точки зрения вода — наиболее вероятная жидкость. (Обо всем не расскажешь, поэтому упомянем лишь

мельком, что существует множество соединений, которые самопроизвольно вообще образоваться не могут; вода, к счастью, к ним не относится.)

Но даже только с химической точки зрения возможен только один «жизненный» растворитель — вода. Только вода. Вот и выходит, что без воды…

Да, но что будет, если достопочтенный Ийона Тихий, еще раз заглянув на Огненную, привезет оттуда реферат тамошнего специалиста по внеогнянским формам жизни, который будет завершаться словами: «Ну, а без аммиак*а* невозможна жизнь пока»?

Окончание

…потому что, как вы теперь видите, жизнь может быть построена только на воде. А Кей (я уверен в этом) выдумал всю эту историю, потому что, разглядев красотку вблизи и решив, что капитан прав и что ему, Кею, не стоит становиться ее шестым мужем…

Я писал и заканчиваю сегодня эту книгу в городке под Киевом. Ярко светит солнце, и идет редкий снег. Невдалеке от дома, бесшумно ударяя в берег, течет не замерзающий по легкой киевской зиме Ирпень. За Ирпенем — серо-зеленый лес.

Есть, наверное, где-то в миллиардах световых лет радостная планета, на которой так же уверенно течет небольшая, в высоких берегах речка. А за рекой лес. Наверняка есть. И живут на той планете люди, для которых она дороже всего.

Так же, как для нас Земля. Потому что не может быть ничего дороже твоей планеты. Планеты, которую любишь ты и которая любит тебя.

Ирпень, 16 февраля 1975 г.

Для старшего возраста

Юрий Яковлевич Фиалков
КАК ТАМ У ВАС, НА БЕТА-ЛИРЕ?..

ИБ № 1651
Ответственный редактор М. А. Зарецкая.
Художественный редактор П. Г. Пайденова.
Технический редактор Г. Г. Стан.
Корректоры Л. М. Агафонова и Н. А. Сафронова.

Сдано в набор 22/II 1977 г. Подписано к печати 14/X 1977 г. Формат 70x90/16. Бук. офс. № 1. Печ. л. 10. Усл. печ. л. 11,7. Уч. — изд. л. 9,8. Тнраж 75 000 экз. А09853. Заказ № 647. Цена 50 коп. Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Детская литература». Москва, Центр, М. Черкасский пер., 1. Калининский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР Росглавполиграфпрома Госкомиздата Совета Министров РСФСР. Калинин, проспект 50-летия Октября, 46.

Ф 48

Художник Е. СКАКАЛЬСКИЙ

Фиалков Ю. Я.
Ф 48
Как там у вас, на Бета-Лире?.. Научно-худож. лит-ра. Оформл. Е. Скакальского. М., «Дет. лит.», 1977.
160 с. с ил.
Книга о проблемах космохимии, о современном уровне знаний в этой науке и ее перспективах.

52

Ф 70803-519
М101 (03)77
431_77
©ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА», 1977 г.

notes

Примечания

1

Подробнее о редкоземельных элементах я писал в книгах «Девятый знак» (1963, 1965) и «В клетке № …» (1969), выпущенных издательством «Детская литература».

2

Световой год — расстояние, которое пробегает за год луч света; иными словами — скорость света (300 000 км/сек), помноженная на число секунд в году. Если вы проделаете эту операцию умножения, то не приходите в ужас от громадности полученного числа, а просто войдите в положение астрономов, которым приходится оперировать такими величинами.

3

Книгу эту я от души советую прочесть. Вышла она последним изданием в издательстве Детгиз («Детская литература») в 1959 году, причем предисловие к этому изданию написал академик Л. Д. Ландау, что само по себе характеризует качество книги.

Период полураспада — время, за которое распадается половина атомов радиоактивного элемента.

5

Подробности — в замечательной драме Эдмона Ростана «Сирано де Бержерак».

Интересен и пример с радиоактивностью свинца. Собственно, как вы сейчас увидите, обнаружить радиоактивность этого элемента — дело пока что непосильное. Однако физики рассчитали, что период полураспада радиосвинца должен составлять 10^{40} лет. А это означает, что если взять кубический… километр свинца, то в нем за счет собственной радиоактивности распадается 2 атома за 1000 лет. Но радиоактивен и свинец!

7

О различных физических константах и способах их измерении можно прочесть в книге К. Гильзина «В необыкновенном мире» («Детская литература», 1974).

8

Из сказанного в предыдущей главе ясно, почему здесь употреблено это наречие.

9

Именно так называется в научной литературе периодическая система, которая была бы основана на «простом» законе заполнения электронных оболочек. Путешествие к истокам этого термина потребовало бы слишком больших усилий и затрат времени, что вряд ли окупилось бы. Скажу только, что слово «вырожденный» здесь применяется совсем в другом смысле, как, например, в следующем диалоге. Собеседник на светском рауте: «Сэр, каков род ваших занятий?» — «Сэр *(гордо),* я вырождаюсь!»

10

Если позитрон просуществует менее одной стомиллионной доли секунды, то можно считать, что он скончался безвременно. А коль скоро какому-нибудь позитрону повезет и он протянет целых две миллионных доли секунды, то его следует отнести к долгожителям. Вот что означают в ядерной физике слова «рано» и «поздно».

11

Не надо думать, что в антимире все обстоит так уж просто. Например, время там течет… в обратном направлении. Но все дело в том, что «антимиряне» считают это совершенно естественным и очень дивятся, узнав, что в нашем мире после 1 июля следует — нет, вы подумайте только! — не 30 июня, а 2 июля!

12

Подробнее о технеции и прометии можно прочесть в книгах Ю. Фиалкова «Девятый знак» (1965) и в «В клетке №…» (1969). Обе книги вышли в издательстве «Детская литература».

Впрочем, и распад элементов может идти эволюционным путем. Именно о таком пути рассказывалось во второй главе, когда шла речь о всеобщей радиоактивности как обязательном свойстве материального мира.

Бога нет *(примеч. автора)*.